In 260
9e ex

MÉMOIRES
DU
MUSÉUM NATIONAL
D'HISTOIRE NATURELLE

NOUVELLE SÉRIE
Série C, Sciences de la Terre
TOME XII
FASCICULE 2

S. CAILLÈRE et F. KRAUT

LES MINERAIS DE FER D'AGE PRIMAIRE DE NORMANDIE ET DE L'ANJOU

PARIS
ÉDITIONS DU MUSÉUM
38, rue Geoffroy-Saint-Hilaire (Ve)
—
1965

Source MNHN Paris

Source : MNHN, Paris

2e ex

MÉMOIRES DU MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE
Série C. Sciences de la Terre. Tome XII. Fasc. 2. — 1965.

LES MINERAIS DE FER D'AGE PRIMAIRE DE NORMANDIE ET DE L'ANJOU

par

Simonne CAILLÈRE et François KRAUT

INTRODUCTION

Les minerais de fer oolithiques d'âge primaire constituent au Nord-Ouest de la France d'importants gisements, en Normandie, en Bretagne et en Anjou. Ils sont liés à des horizons siliceux ou carbonatés. Tous renferment des oxydes de fer sertis dans une masse chloritocarbonatée ou siliceuse.

Nous décrirons, ici, la plupart des gîtes de Normandie et de l'Anjou, dont plusieurs sont exploités. A l'exception de celui de Diélette, qui appartient au dévonien, tous ces dépôts sont d'âge silurien.

Les gisements normands se développent dans quatre synclinaux parallèles aux plissements armoricains ; ce sont, du nord au sud, les synclinaux de May, d'Urville, de Jurques-St-Rémy et de Bagnoles-Domfront-Mortain.

En Anjou, la minéralisation est concentrée principalement dans les synclinaux de Segré et de Chazé-Henry.

Les horizons ferrifères de Normandie se situent dans les schistes à calymènes, tandis que ceux de l'Anjou se trouvent dans les grès armoricains.

A Diélette, la minéralisation se développe dans les calcaires et schistes de Néhou.

Nous rappelons ici les niveaux stratigraphiques auxquels ces concentrations sont liées :

Calcaires et schistes de Néhou	d_{2b}	Diélette
Grès à *orthis monieri*	d_{2a}	
Schistes et quartzites	s_3	
Schistes ampélitiques	s_{2c}	
Grès de May	s_{2b}	
Schistes à calymène	s_{2a}	May-s/Orne, Soumont
Grès armoricains	s_{1b}	Segré, Chazé-Henry
Schistes pourpres	s_{1a}	
Précambriens	X	

BIBL DU MUSEUM D'HIST. NATUR.

Source : MNHN, Paris

Les gisements de Normandie

1) *Synclinal de May-St-André.*

Ce synclinal dissymétrique s'étend sur les deux rives de l'Orne. Les concessions exploitées, May-s/Orne et St-André, sont situées sur la rive droite. Celles de la rive gauche, Bully et Maltot, ne sont plus en activité.

Le synclinal est formé par des couches cambro-siluriennes reposant sur les phyllades de St-Lô (Briovérien). Sous une couverture jurassique de 50 à 100 m, on peut le suivre sur 100 km. La couche minéralisée atteint à May-St-André 4 m 50, son épaisseur est seulement de 2 m dans la partie W du synclinal.

2) *Synclinal d'Urville.*

Au bassin de May fait suite au sud un synclinal symétrique beaucoup plus étendu, désigné sous le nom de synclinal d'Urville ou de la Brèche-au-Diable. Le bassin se ferme à l'est près de la Dives, à l'ouest il bute contre le précambrien, dans la forêt de Cinglais.

Le minerai, connu sur les deux rives de la Laize, est interstratifié dans les schistes à calymène, il atteint exceptionnellement 6 à 7 m de puissance.

On compte six concessions : à l'ouest : Urville, Gouvy et Barberie ; à l'est : Perrière, Soumont et Estrées-la-Campagne.

De tous les synclinaux de la région, c'est le seul qui ait conservé sa forme en cuvette ; ses flancs sont moins inclinés que ceux du premier. La couche minéralisée, exploitée à Soumont, atteint 5 m 50.

3) *Synclinal de Jurques-St-Rémy.*

Au sud-est affleure un troisième synclinal que l'on suit à travers tout le Cotentin jusqu'aux environs de Granville ; il n'en reste que quelques tronçons.

A l'extrémité orientale se trouve la concession de St-Rémy qui fait partie d'une petite cuvette très faillée. Un deuxième lambeau minéralisé est connu au Montpinçon, au nord-ouest du Plessis-Grimoult. La couche ferrifère présente là une épaisseur très variable. Sur la bande septentrionale deux autres gisements ont été reconnus à Ondefontaine et Jurques.

L'horizon minéralisé intercalé entre les grès armoricains et les schistes à calymènes se divise en deux bancs de compositions minéralogiques assez différentes.

4) *Synclinal Bagnoles-Domfront-Mortain.*

Le quatrième synclinal, avec ses deux cuvettes partielles, forme un Y couché ouvert vers l'ouest.

La branche sud Domfront-Mortain est orientée sensiblement est-ouest. La branche nord, La Ferrière-Halouze, a une direction nord-ouest-est.

Cinq niveaux minéralisés s'échelonnent dans les schistes à calymènes. Le 1er est à 65 m des grès armoricains. Entre le 3^{e} et le 4^{e} niveaux s'intercale un banc de grès de 20 m de puissance.

Source : MNHN, Paris

La 1re couche est exploitée dans la branche nord à la Ferrière-aux-Étangs, à Halouze et à Mont-en-Géreaume, et dans la branche sud, à la Gérarderie.

La couche 2 est connue au sud à la Patricière, au Bisson et aux Souchées.

Les couches 3, 4 et 5 ont été exploitées également dans la branche sud, la couche N° 3 à l'Hermitage sud, les couches N° 4 et 5 à l'Hermitage est.

Les gisements siluriens de l'Anjou

Parmi les synclinaux de l'Anjou, trois sont fortement minéralisés :

1° Lourzais-Châteauneuf,

2° Teillay-Segré,

3° Lion-Angers.

Alors qu'en Normandie on trouve généralement un seul niveau exploitable dans les schistes à calymènes, en Anjou il existe quatre couches minéralisées A, B, C, D intercalées dans les grès armoricains.

Deux d'entre elles, A et B, sont rentables ; 40 m environ de stérile les séparent.

De ces trois synclinaux, celui de Teillay-Segré a la plus grande importance pratique ; deux mines y sont exploitées, celles de Segré et de Chazé-Henry.

Les minerais dévoniens de Normandie

Le seul minerai dévonien de Normandie est celui de Diélette. Le gisement se développe au contact du massif granitique de Flamanville avec les schistes et calcaires de Nehou. On y connaît plusieurs couches minéralisées redressées à la verticale.

Source : MNHN, Paris

CHAPITRE I

LES GISEMENTS SILURIENS DE NORMANDIE

1. — Synclinal de May Saint-André

A) May Saint-André

Au sud de Caen, le bassin de May s'étend de part et d'autre de l'Orne. Le jurassique affleure sur les plateaux tandis que le silurien est visible au fond des vallées de l'Orne et de l'Odon.

Le minerai se trouve dans les schistes d'Angers (s_2) qui reposent sur des grès feldspathiques cambriens. Au-dessus des schistes on trouve les grès de May désignés (s_3).

La couche exploitée au flanc sud du synclinal est inclinée à 45°, au nord-est, son épaisseur est de 2 m 50 environ. Son toit est constitué par des quartzites noirs alternant avec des lits de schistes qui servent de transition aux schistes à calymènes.

Le minerai se trouve aussi sous forme de lits discontinus dans le grès de May, mais il ne présente aucun intérêt pratique.

Le gisement de May décrit par L. Cayeux (1) est le premier étudié par cet auteur avec des matériaux prélevés en 1899.

On trouvera ici la description des échantillons que nous avons recueillis au niveau —150.

Macroscopiquement on distingue deux types de minerais : le « taché » et l' « hématite ». Le premier constitue à lui seul toute l'épaisseur de la couche. Le second, lorsqu'il existe, se place au mur au contact des grès armoricains.

Ces deux variétés ont la même composition minéralogique qualitative.

En général les oolithes sont formées par l'association de la chlorite et de l'hématite. Dans beaucoup d'entre elles l'oxyde constitue la totalité de la couche corticale, d'autres sont entièrement silicatées. Beaucoup possèdent un noyau de quartz corrodé et entouré d'un liséré de sidérose.

Certaines oolithes se sont développées autour d'un débris de gangue silicatée. Il n'est pas rare que le noyau soit un sulfure : pyrite, marcasite, chalcopyrite ou blende.

La sidérose est le constituant essentiel du ciment, cependant, la chlorite se dépose fréquemment dans les espaces interoolithiques. Le carbonate forme parfois un agrégat homogène mais dans la plupart des cas il se présente en petits rhomboèdres englobés par la chlorite verte ou teintée par un pigment ferrugineux. On ne voit que rarement l'hématite dans la gangue, par contre celle-ci renferme souvent, mais toujours en faible quantité, la

Source : MNHN, Paris

pyrite, la marcasite, la chalcopyrite et la blende en lentilles et en filonnets remplissant les fissures. Le quartz clastique, très inégalement réparti dans le ciment, abonde dans les parties silicatées. On y observe aussi quelques cristaux de zircon. Les rhomboèdres de sidérose ont souvent une partie centrale quasi opaque, comme dans les minerais du bassin de Nancy. Par endroits les espaces interoolithiques sont occupés par l'apatite.

Le contour des oolithes n'est pas toujours net, il se présente parfois en dents de scie, par suite de la pénétration des rhomboèdres de sidérose dans la zone corticale.

La répartition des constituants de la gangue, carbonatée et silicatée, n'est pas sans relation avec la composition minéralogique des oolithes. Lorsque l'on observe dans une préparation des oolithes essentiellement oxydées en même temps que des ovoïdes chloriteux transparents, ces derniers se groupent dans des zones où la gangue est elle-même très riche en silicate.

Parfois, en lumière naturelle, les oolithes sont à peine visibles. Elles semblent former une même masse avec le ciment, on a l'impression qu'il s'agit d'un milieu unique dans lequel s'ébauche l'organisation concentrique ; il faut croiser les nicols pour faire apparaître nettement la structure caractéristique des oolithes.

Lorsqu'il n'a pas subi de déformation, le minerai de May-sur-Orne donne un exemple remarquable de la structure oolithique. Les ovoïdes ont une forme parfaite quasi-sphérique. Près d'eux, les cristaux de sidérose ont une tendance très nette à se disposer parallèlement à leur pourtour.

Si le minerai montre une perfection rarement atteinte dans le développement des oolithes, il offre aussi des exemples de déformations non moins exceptionnelles. Le laminage qu'elles ont subi rend les oolithes souvent méconnaissables. Cependant, réduites en lambeaux, elles conservent encore des vestiges d'une structure concentrique. Beaucoup d'entre elles ont été cisaillées, les deux parties séparées ont glissé l'une par rapport à l'autre, et on voit la trace du plan de glissement qui recoupe parfois toute une série d'ovoïdes.

D'une façon générale la répartition des constituants est la suivante : l'hématite se trouve dans les ovoïdes, la sidérose dans la gangue, le silicate, par contre, se rencontre à la fois dans ces deux milieux.

Afin d'établir approximativement la composition minéralogique quantitative du minerai, six échantillons de « taché » et un d' « hématite » ont été analysés. Les résultats figurent dans le tableau de la page suivante.

Pour interpréter les analyses, on a calculé l'importance relative des minéraux essentiels reconnus. La totalité du fer ferrique a été exprimée en hématite. La teneur en CO^2 a permis de calculer la sidérose. La somme chlorite et quartz a été fixée par différence.

En moyenne dans le « taché » l'hématite représente 23 %, la sidérose 34 %, la chlorite et le quartz 42 %.

Il est intéressant de calculer la répartition du fer dans les constituants. Dans chaque analyse on a d'abord exprimé la teneur en fer métal.

Source : MNHN, Paris

MINERAIS DE MAY-SUR-ORNE

	I	II	III	IV
SiO^2	17,85	13,75	18,05	14,25
Al^2O^3	9	6	11,00	7,80
Fe^2O^3	26,60	18,75	25,30	19,70
FeO	27,50	33,50	29,00	36,20
MnO	0,05	0,07	0,25	0,63
MgO	1	2,25	1,20	0,20
CaO	1,15	1,65	0,65	1,05
P^2O^5	0,16	0,27	0,34	0,34
Na^2O	—	0,05	—	—
K^2O	—	tr	—	—
TiO^2	0,40	0,65	0,50	0,75
H^2O —	0,20	0,45	0,27	0,40
H^2O +	3,20	3,15	5,10	3,60
CO^2	12,30	18,35	8,10	15,50
	100,31	99,49	100,36	100,42

MINERAIS DE MAY-SUR-ORNE

	V	VI	VII	VIII
SiO^2	14,50	13,95	12,10	8,80
Al^2O^3	7,75	9,45	8,25	4,40
Fe^2O^3	24,80	25,35	32,90	67,90
FeO	29,20	28,70	23	1,55
MnO	0,70	0,45	0,15	0,01
MgO	2,80	1,70	0,70	0,40
CaO	2,30	2,60	7,10	7,20
P^2O^5	1	1,05	6,35	6,40
Na^2O	—	tr	—	—
K^2O	—	tr	—	—
TiO^2	0,55	0,50	0,13	0,03
H^2O —	1,40	0,80	0,20	0,50
H^2O +	3,20	3,40	4	3,40
CO^2	12,20	12,30	5	tr
	100,40	100,25	99,88	100,59

Composition minéralogique virtuelle du « taché » « hématite »

	I	II	III	IV	V	VI	VII
Hématite	26	18	25	19	24	25	32
Sidérose	32	48	21	40	32	32	13
Quartz } Chlorite }	42	34	54	41	44	43	55

Source . MNHN, Paris

Les parts qui en reviennent à l'hématite et à la sidérose ont été établies d'après les formules de ces minéraux et l'excédent affecté à la chlorite. La répartition dans le « taché » qui contient en moyenne 39 % de fer est la suivante :

Hématite	16 %
Sidérose	17 %
Chlorite	6 %

Ces résultats montrent que l'oxyde et le carbonate contiennent des quantités de fer sensiblement égales.

La teneur en apatite a été également calculée. En saturant le phosphore avec du calcium dans la proportion moléculaire 1/3 on obtient les valeurs suivantes :

	P^2O^5	Apatite
	—	—
I.	0,16	0,30
II.	0,27	0,67
III.	0,34	0,67
IV.	0,34	0,67
V.	1	2,35
VI.	1,05	2,35
VII.	6,35	13,50
VIII.	6,40	14,—

Les quatre premiers échantillons représentent le minerai moyen avec moins de 1 % de phosphate. Les autres ont été choisis en raison de l'abondance de l'apatite.

Le N° VIII a été étudié à la sonde de Castaing. On a ainsi vérifié que les cristaux reconnus en lame mince sont bien du phosphate de calcium.

Ajoutons que l'exploration à la sonde a montré que le phosphore se localise uniquement dans le ciment et fait défaut dans les oolithes.

En résumé, le minerai de May-sur-Orne rappelle par sa composition la couche grise de Lorraine, en particulier les accidents magnétiques.

En effet, il renferme en dehors du fer ferreux des quantités notables de fer ferrique. Les échantillons chloritocarbonatés sans hématite présentent une grande analogie avec les minerais de la couche verte, à un tel point que l'on pourrait les confondre lorsqu'on les examine à l'aide du microscope.

B) Maltot

La concession de Maltot s'étend sur la rive gauche de l'Orne.

Le gisement n'a jamais été exploité. Nous avons examiné deux échantillons provenant des travaux de recherches.

Dans l'un d'eux la gangue est silicatée, imprégnée d'un pigment jaunâtre au voisinage des oolithes. Le quartz clastique est peu abondant. On a observé des ovoïdes ayant un cristal de zircon pour noyau.

Dans l'autre minerai, très oxydé, concrétions et ciment se confondent en une masse rougeâtre dans laquelle se déposent localement de petites plages de quartz secondaire.

Source : MNHN, Paris

2. — Synclinal d'Urville

La couche minéralisée est intercalée dans les schistes à calyménes à environ 40 m des grès armoricains. Elle se divise en deux bancs d'épaisseurs très inégales, séparés par un lit de sidérose. La partie supérieure, pauvre, n'est pas exploitée.

Nous avons étudié, d'est en ouest, trois coupes dans le flanc sud du synclinal : Soumont-Saint-Quentin, Barbery-est et Barbery-ouest.

A) Soumont-Saint-Quentin

Les échantillons de cette concession ont été prélevés au niveau 320. Du mur au toit, les mineurs distinguent sept bancs dont chacun est divisé en tranches.

Banc O. — Le banc O a une épaisseur de 2 m 55 ; on y rencontre, de bas en haut, les tranches D, C, B et A. Au mur, le banc est constitué par un grès phylliteux riche en quartz. Au microscope en lumiére réfléchie on y reconnaît quelques cristaux de magnétite et de petites mouches de pyrite. A la partie supérieure, dans les tranches B et A, la roche devient oolithique. En lame mince on observe des oolithes silicatées vertes dans une gangue où la sidérose accompagne la chlorite. Le quartz est encore très abondant et forme souvent le noyau des oolithes.

Banc I. — De tous les bancs, celui-ci est le plus important ; son épaisseur atteint 3 m 70 ; douze tranches s'y succédent de bas en haut, dans l'ordre alphabétique de A á L.

La composition minéralogique des tranches A et B rappelle celle du banc O, cependant les oolithes silicatées y sont légèrement teintées par l'oxyde de fer ; dans la gangue la chlorite est associée à la sidérose. Le quartz abonde.

Au point de vue minéralogique un changement important se produit dans les deux tranches suivantes : la magnétite apparaît dans les oolithes ; dans la tranche C elle est accompagnée par l'hématite. Les ovoïdes sont souvent traversés par des filaments calcaires « girvanella » de L. Cayeux. Leur noyau est soit un fragment de quartz, soit un débris de ciment silicaté. Dans les ovoïdes de la tranche D la sidérose est associée aux oxydes de fer. Les espaces interoolithiques sont occupés par la sidérose et la chlorite. On voit peu de quartz.

Les tranches E, F, G et H sont essentiellement chloritocarbonatées avec prédominance de la sidérose. Un pigment cryptocristallin donne aux oolithes silicatées une teinte rougeâtre. Le quartz est très rare, sauf dans la tranche H. La pyrite en minuscules cristaux est assez répandue.

Un faciès particulier caractérise la tranche I. Le minerai montre une texture rubannée. Il est parcouru par de larges veinules de silice formée *in situ*. Les oolithes silicatées vertes sont noyées dans un ciment formé uniquement de sidérose.

Source : MNHN, Paris

Dans les tranches J et K les oolithes silicatées renferment quelques cristaux de magnétite. Le quartz clastique est très rare, mais on observe des veinules de silice secondaire.

Le banc s'achève par un minerai quartzeux à gangue chloritocarbonatée.

Banc II. — Ce banc, d'une épaisseur de 1 m, est divisé en quatre tranches de compositions minéralogiques très voisines. En général les oolithes silicatées sont vertes, plus ou moins teintées de rouge. Beaucoup d'entre elles ont subi de notables déformations.

Le quartz clastique abonde dans le ciment chloritocarbonaté.

Bancs III et IV. — Ces bancs, dont chacun mesure 0 m 40, sont très carbonatés.

Banc V. — Le banc V, d'une épaisseur de 0 m 25, est caractérisé par le nombre très faible des oolithes. Par endroits, le quartz s'y accumule en quantité notable.

Banc VI. — Le toit de la couche est constitué par un schiste chloriteux d'une épaisseur de 0 m 40. L'apatite se dépose en cristaux qui pénètrent dans les rares oolithes et leur confèrent des contours dentelés. Elle forme aussi parfois leur noyau.

La sonde de Castaing montre que le phosphore est associé au calcium.

B) Gisements de Barbery

a) Barbery ouest.

Les prélèvements dans la mine de Barbery ouest ont été effectués à l'étage 170 du Travers banc N° 76. On y distingue 6 bancs numérotés de O à V.

Banc O. — Le banc se divise en deux tranches B et A. Dans cette dernière les oolithes sont bien développées, dans la zone corticale verte on voit quelques anneaux ferrugineux. La gangue, où la sidérose s'associe à la chlorite, renferme des fragments de quartz clastique ; la silice secondaire s'y dépose dans des veinules et constitue des îlots dont la structure rappelle celle des quartzites. Les oolithes sont rares dans la tranche B.

Banc I. — Ce banc, d'une épaisseur de 3 m 25, comporte 15 tranches de A à O. Toutes sont caractérisées par une gangue chloritocarbonatée, qui englobe des oolithes silicatées. Le quartz clastique abonde et on observe aussi des veinules remplies de silice secondaire.

Dans les tranches D, E, F, K, M, N la magnétite et l'hématite se déposent dans les oolithes.

Banc II. — Le banc II a une épaisseur de 2 m 40 ; on y distingue cinq tranches ; nous n'avons eu à notre disposition que des échantillons des quatre premières.

Source : MNHN, Paris

La tranche A a deux faciés, l'un est carbonaté, dépourvu d'oolithes, dans l'autre les ovoïdes comme la gangue sont constitués par la même substance silicatée, et on constate la présence de cristaux de magnétite dans leurs zones corticales. Le minerai englobe des débris de quartz et de minuscules rhomboèdres de sidérose.

Une gangue très carbonatée cimente les oolithes vertes dans les tranches B, C et D.

Le minerai est riche en quartz clastique et la silice secondaire se dépose en petites plages dans la gangue et plus souvent encore dans des filonnets.

Banc III. — Le banc III d'une épaisseur de 1 m 15 se divise en quatre tranches A, B, C, D. Il a une composition minéralogique assez homogène. Les oolithes chloriteuses sont serties par une gangue dans laquelle le carbonate prédomine sur le silicate.

Banc IV. — De même épaisseur que le précédent, ce banc est divisé en quatre tranches. Dans son ensemble, il est très siliceux. Les oolithes, souvent déformées, sont noyées dans une masse chloritocarbonatée.

Dans les tranches B et C prédomine la sidérose.

Banc V. — Trois tranches assez différentes constituent ce banc, dont l'épaisseur est de 1 m. Les oolithes sont carbonatées dans la tranche A, silicatées dans la tranche B.

La tranche C, dépourvue d'oolithes, est formée par le quartz et la muscovite.

b) *Barbery est.*

Dans cette concession nous avons étudié le banc I, divisé en huit tranches de A à H.

Banc I. — Les tranches A et C sont chloritocarbonatées, riches en quartz clastique. La pyrite en cristaux microscopiques a été observée dans la gangue.

Les tranches B, D, E, F, G sont caractérisées par la présence de la magnétite et de l'hématite qui se déposent dans les oolithes. Dans la tranche B on rencontre également l'hématite dans les espaces interoolithiques. Dans la tranche H les oolithes silicatées sont teintées par un pigment ferrugineux. Dans la gangue prédomine la sidérose, les débris de quartz très nombreux sont entourés par le carbonate et parfois par un liséré ferrugineux.

A la demande de la direction des Mines de Soumont, nous avons fait des mesures granulométriques sur les minerais du banc I. On trouvera à la page suivante les résultats de cette étude.

L'examen de ce tableau montre que les oolithes de plus petites tailles mesurent environ 0,15 mm alors que les plus grandes d'entre elles atteignent 0,60 mm. Leurs dimensions sont à peu près analogues aux différents niveaux.

Source : MNHN, Paris

Minerais	Oolithes	Quartz	Carbonate	Magnétite	Pyrite
A	0,30 mm à 0,40 mm	except. 0,50 0,10 à 0,20 0,005 à 0,03	indifférencié		0,1 mm
B	0,30 mm à 0,60 mm	0,15 à 0,20 0,03 à 0,06	indifférencié	0,004 mm à 0,02 mm	
C	0,20 mm à 0,50 mm	except. 0,30 0,15 à 0,20 0,01 à 0,06	rhomboèdres 0,05 mm		0,1 mm
D	0,15 mm à 0,60 mm	0,10 à 0,15	0,10 à 0,15	0,004 mm à 0,02	0,05 à 0,10
E	except. 2 à 3 mm 0,25 mm à 0,60 mm	0,10 à 0,25 0,03 à 0,06	rhomboèdres 0,03 à 0,06		
F	1 mm 0,30 mm à 0,60 mm	0,10 0,03	rhomboèdres 0,10	0,005 mm	0,05
G	except. 0,60 0,20 mm à 0,50 mm	0,15 à 0,20 0,03 à 0,10	rhomboèdres 0,06	0,005 mm	
H	0,25 mm à 0,50 mm	except. 0,50 0,10 à 0,15	0,05		

La taille des fragments de quartz varie de 0,03 à 0,50 mm. Les grains de l'ordre de 0,5 mm sont exceptionnels. La majeure partie des débris se situent entre 0,10 et 0,20 mm. Les fragments inférieurs à 0,10 mm sont aussi très répandus.

Dans les tranches où la sidérose se présente en rhomboèdres séparés par le silicate, la taille des cristaux est comprise en 0,03 et 0,6 mm. Dans la tranche F ils atteignent 0,10 mm et dans la tranche D 0,15 mm.

Quant à la magnétite les cristaux ne dépassent pas 0,02 mm.

Composition minéralogique quantitative

Comme nous l'avons vu, le minerai de Soumont est constitué essentiellement par l'association de la sidérose et de la chlorite, auxquelles s'ajoutent la magnétite et l'hématite. Presque tous les échantillons renferment en outre du quartz clastique, parfois en quantité notable. Par conséquent la composition minéralogique du dépôt est simple, mais il est difficile de chiffrer l'importance relative de chacun des constituants quelle que soit la méthode utilisée.

L'analyse chimique ne permet pas de calculer exactement la composition minéralogique quantitative, et ceci pour plusieurs raisons.

D'une part, la formule du silicate est sujette à des variations, d'autre part les éléments principaux, fer et silice, se répartissent dans plusieurs minéraux. Le fer entre dans la constitution de la sidérose, du silicate et

Source : MNHN, Paris

des oxydes, tandis que la silice, qui se trouve en grande partie dans la chlorite, forme aussi le quartz. De même l'interprétation des courbes thermopondérales qui donnent la perte de poids en fonction de la température est délicate.

La perte de poids enregistrée représente à la fois le gaz carbonique provenant de la dissociation de la sidérose et l'eau de la chlorite, mais il n'est pas possible de préciser la part qui revient à chacun d'eux.

Pour lever cette indétermination, nous avons dosé le CO^2 dans un certain nombre d'échantillons, par absorption dans l'amiante sodée.

Connaissant la teneur en CO^2 du minerai, il est possible de lire sur la courbe thermopondérale la température à laquelle le dégagement du gaz carbonique peut être considéré comme achevé. En comparant, dans un certain nombre de cas, les résultats obtenus par voie chimique et à l'aide de la thermobalance, nous avons constaté qu'à 500° la dissociation de la sidérose est pratiquement terminée.

Il est encore plus difficile d'évaluer la quantité d'eau dégagée par le silicate. En effet, on pourrait croire qu'il suffit de retrancher de la perte totale la diminution de masse à 500° pour avoir l'eau par différence. En réalité l'oxygène de l'eau est fixée en partie par le silicate dont le fer ferreux passe à l'état ferrique au cours du chauffage. Par conséquent la perte enregistrée est inférieure à la perte réelle et dans ces conditions l'analyse thermopondérale a servi uniquement à déterminer la quantité de sidérose.

En ce qui concerne le quartz, son importance quantitative a été déterminée par intégration sur des lames minces à l'aide de la platine de Shand.

Nous avons ainsi des résultats assez valables pour le quartz et nous pouvons calculer la chlorite par différence dans les échantillons sans oxyde.

Lorsque le minerai renferme de la magnétite et de l'hématite, on évalue la chlorite à partir de sa teneur en eau qui est relativement constante. Dans les chlorites ferrifères on peut la chiffrer à 10 % environ.

Pour doser l'eau du silicate, seul minéral hydraté, nous avons calciné le minerai dans un courant d'oxygène et recueilli l'eau dans des flacons contenant du perchlorate de magnésium.

En résumé, la sidérose est évaluée par l'analyse thermopondérale, la chlorite déterminée par dosage chimique de H^2O, le quartz par intégration, les oxydes par différence.

En utilisant ces diverses méthodes nous avons établi la répartition des éléments dans un certain nombre de spécimens prélevés au travers banc 76 dans la concession de Barbery ouest.

Nous résumerons la composition minéralogique de chaque banc dans un tableau où figurent les teneurs en sidérose, chlorite, quartz et oxydes. Nous ajouterons également le fer attribué au silicate et au carbonate, ainsi que le fer total dosé au laboratoire de la mine.

Pour calculer la quantité de fer contenu dans la sidérose, nous avons admis la teneur théorique, c'est-à-dire 48 % de Fe. Pour la chlorite nous avons retenu comme valeur moyenne 30 % de Fe.

La quantité ainsi calculée n'est pas rigoureusement égale à la quantité dosée, mais les deux chiffres sont assez voisins.

Source : MNHN, Paris

BANC O

Composition minéralogique quantitative

Tranches	Teneurs en %					
	Sidérose	Chlorite	Quartz	Fe dosé	Fe calculé sidérose	Fe calculé chlorite
	—	—	—	—	—	—
B	29	50	20	31,60	14	15
A	40	46	14	36,20	19	14
Moyennes	34	48	17	33,9	16,5	14,5

Le banc O est caractérisé par la prédominance de la chlorite et l'abondance du quartz.

BANC I

Composition minéralogique quantitative

Tranches	Teneurs en %							
	Sidérose	Chlorite	Quartz	Oxydes	Fer dosé	Fe calculé sidérose	Fe calculé chlorite	Fe des oxydes
	—	—	—	—	—	—	—	—
A	59	31	10	—	33,6	28	9	—
B	54	40	6	—	37,4	26	8	—
D	63	25	7	5	41,8	30	8	4
F	37	53	5	5	41,4	18	16	4
G	41	46	12	—	37,8	20	14	—
H	46	50	4	—	32,6	22	15	—
I	50	40	10	—	33,6	24	12	—
J	78	20	2	—	42,8	37	6	—
K	50	43	2	5	44,6	24	13	4
L	55	45	0	0	41,5	26	15	—
M	45	50	0	5	39,2	21	15	4
Moyennes	52	40	5	1,8	38,7	25	12	1,1

Par rapport au précédent, le banc I accuse une augmentation notable de la teneur en sidérose qui devient le constituant principal.

Les oxydes, magnétite et hématite, ont été reconnus dans quatre tranches.

BANC II

Composition minéralogique quantitative

Tranches	Teneurs en %					
	Sidérose	Chlorite	Quartz	Fer dosé	Fe calculé sidérose	Fe calculé chlorite
	—	—	—	—	—	—
A	35	60	5	35,20	17	18
B	25	65	10	30,80	12	20
C	35	50	15	33	17	15
D	55	35	10	33,60	26	10
Moyennes	37	52	10	33,1	18	15,7

Ce tableau montre que le banc II est beaucoup moins carbonaté que le banc I, par contre il est plus silicaté et plus siliceux.

Source : MNHN, Paris

BANC III

Composition minéralogique quantitative

Tranches	Teneurs en %					
	Sidérose	Chlorite	Quartz	Fe total	Fe Sidérose	Fe Chlorite
	—	—	—	—	—	—
A	50	40	10	35,4	24	12
B	50	48	2	38	24	14
C	57	40	3	42,2	27	12
D	50	45	5	37	24	13
Moyennes	51	43	5	38,1	24,7	12,7

La composition minéralogique quantitative est très analogue à celle du banc 1. Toutefois les oxydes font défaut.

BANC IV

Composition minéralogique quantitative

Tranches	Teneurs en %					
	Sidérose	Chlorite	Quartz	Fe total	Fe Sidérose	Fe Chlorite
	—	—	—	—	—	—
A	63	30	2	37,8	32,6	9
B	45	50	5	35,8	21,6	15
C	38	60	2	39,6	18	18
D	45	35	20	36,3	21,6	10,5
Moyennes	48	43	7	37,3	23,4	13,1

Dans le banc IV le minerai renferme des quantités sensiblement égales de sidérose et de chlorite.

Le quartz y est inégalement réparti et abonde dans la tranche D.

BANC V

Composition minéralogique quantitative

Tranches	Teneurs en %					
	Sidérose	Chlorite	Quartz	Fe total	Fe Sidérose	Fe Chlorite
	—	—	—	—	—	—
A	57	40	3	37,10	27,4	12
B	15	80	—	33.3	7	24
C	0	25,60	15	—	—	—

Le banc V est très hétérogène. En A prédomine la sidérose tandis que la tranche B est essentiellement chloriteuse. La tranche C est très siliceuse et micacée.

En résumé, le minerai de Barbery-ouest contient dans l'ensemble autant de sidérose que de chlorite, par conséquent 60 % du fer total sont dus au carbonate et 40 % au silicate. Il existe trois bancs I, III, IV, plus carbonatés que silicatés. Dans les bancs O et II prédomine la chlorite. Les oxydes n'ont

Source : MNHN, Paris

été trouvés que dans les tranches D, F, K, M, du banc 1 particulièrement riche en fer.

Le quartz est très inégalement réparti. Parfois absent, il peut atteindre ailleurs 20 %, en moyenne sa teneur ne dépasse pas 5 %.

Dans les coupes de Barbery-ouest et de Soumont-Saint-Quentin, le banc I a sensiblement la même épaisseur, on y observe deux zones à magnétite. La première se situe entre 0 m 50 et 1 m 25, et la seconde se développe entre 2 et 3 m à partir du toit.

En comparant les deux coupes on constate qu'à Soumont-Saint-Quentin, le banc 1 est plus carbonaté qu'à Barbery-ouest où les espaces interoolithiques renferment davantage de silicate.

Quant aux bancs II, il s'agit dans tous les cas d'un minerai chloritocarbonaté riche en quartz, deux fois plus abondant que dans le banc 1.

Les bancs III et IV sont des minerais chloritocarbonatés qui présentent les mêmes caractères dans les deux coupes, le quartz est moins abondant que dans le banc II.

Le banc V, d'une épaisseur très variable, est chloritocarbonaté ; au niveau de la tranche C il devient par endroits un véritable schiste.

En ce qui concerne la silice déposée *in situ*, on constate qu'elle est beaucoup plus fréquente à Barbery-ouest qu'à Soumont-Saint-Quentin.

3. — Synclinal de Jurques-Saint-Remy

Parmi les gisements connus dans ce synclinal, le plus important est celui de Saint-Rémy.

A) Gite de Saint-Rémy

A l'étage 33.

Le minerai est caractérisé par l'abondance de l'oxyde de fer. En lames minces il apparaît comme une masse rouge foncé presque opaque et il faut condenser la lumière pour distinguer les oolithes. Certaines ont un noyau de sidérose seule ou entourée d'un liséré. Le carbonate se présente en plages à limites curvilignes dans le ciment. On y observe aussi des agrégats finement biréfringents accompagnés par la sidérose, il s'agit de l'apatite.

Très souvent la sidérose remplit des veinules qui recoupent le minerai et lui donnent un aspect bréchiforme et compartimenté.

Dans quelques échantillons on voit bien la structure oolitbique, les ovoïdes opaques étant sertis dans un ciment chloriteux où l'on reconnaît quelques cristaux d'apatite.

A l'étage 61.

Le minerai est toujours très oxydé et la gangue carbonatée est plus abondante qu'à l'étage 33. La différence la plus sensible est la présence constante de quartz, qui forme parfois de nombreux fragments, le plus souvent entouré

Source : MNHN, Paris

et corrodé par la sidérose. Enfin on voit, dans plusieurs préparations, des agrégats de phosphate qui pénètrent l'enveloppe des oolithes. Le silicate fait défaut.

Minerai violet.

Les échantillons désignés « minerai violet » sont silicatés. Dans les oolithes on voit associés la chlorite et l'oxyde ; il s'agit d'un silicate vert pâle qui se présente le plus souvent en lamelles perpendiculaires aux anneaux. Parfois il forme un liséré bien défini autour des ovoïdes, plus loin on trouve la sidérose.

Les noyaux sont formés de quartz accompagné par la sidérose ou la chlorite.

Certains minerais sont riches en phosphate qui se dépose dans la gangue. Par endroits on observe de nombreux grains de quartz clastique, plus rarement la silice secondaire caractérisée par des zones de croissance.

Minerai chloriteux.

Un faciès particulier est à signaler : oolithes et gangue sont constituées par la chlorite, le quartz clastique y représente 35 à 40 %, l'oxyde de fer fait défaut.

Hématite rouge.

Il s'agit d'un minerai très opaque où les oolithes et la gangue sont essentiellement ferrugineuses. Les ovoïdes ont pour noyau un grain de quartz, seul ou entouré par la sidérose.

En dehors de ce type banal, nous avons étudié un échantillon plus complexe.

Certaines oolithes ont pour noyau des agrégats siliceux, dans lequel l'apatite accompagne le quartz. Les oolithes apparaissent en lumière transmise sur le fond opaque, grâce à des anneaux très minces de chlorite ou de quartz qui soulignent leur forme et leur structure concentrique.

Par endroits, les espaces interoolithiques sont occupés par l'apatite qui empiète plus ou moins sur les oolithes.

On voit également quelques plages de chlorite vert foncé dans la gangue.

Ce minerai est parcouru par des veinules de quartz et de sidérose.

L'examen d'une vingtaine d'échantillons appartenant à la série (5237 à 5293 de la collection L. Cayeux) a permis de préciser que l'oxyde de fer est présent dans les oolithes sous forme d'hématite. Celle-ci est en général très finement lamellaire, parfois cryptocristalline. On trouve aussi, mais en quantités extrêmement faibles, des lamelles d'hématite dans le ciment. La plupart des échantillons renferment de petites plages arrondies de pyrite, le plus souvent dans la gangue mais parfois aussi dans le noyau des oolithes. Exceptionnellement la chalcopyrite a été identifiée, ainsi que la blende.

Afin d'obtenir quelques indications sur la composition minéralogique quantitative, nous avons fait l'analyse thermopondérale d'un certain nombre d'échantillons. Étant donné que la déshydratation du silicate et la décompo-

Source : MNHN, Paris

sition de la sidérose s'effectuent dans le même intervalle de température, nous ne retiendrons que les minerais dans lesquels le rôle de la chlorite est pratiquement négligeable.

Dans les spécimens de ce type, la perte de poids est en moyenne de 10 % ce qui correspond à 26 % de sidérose. En évaluant, d'après l'examen microscopique, à 10 % la teneur en quartz et silicate, il reste 64 % d'hématite. Par conséquent la teneur en fer de ces minerais serait de 44 % dans l'hématite et 10 % dans la sidérose, soit au total environ 54 %.

Ce chiffre est voisin de celui donné, sur la base des analyses chimiques, par HOENES et TROGGER pour le minerai désigné « hématite ».

En résumé, le minerai de Saint-Rémy est très oxydé, l'hématite y joue un rôle prépondérant. A l'étage 33 l'oxyde est accompagné par la sidérose en petite quantité et le silicate phylliteux.

A l'étage 61 le minerai est plus riche en sidérose, en revanche le silicate semble en régression par rapport au niveau précédent.

Une différence doit être soulignée : le quartz est abondant à l'étage 61 et accessoire à l'étage 33.

B) GISEMENT DE MONTPINÇON

Nous avons examiné quelques échantillons de ce gisement. On y retrouve les mêmes types qu'à Saint-Rémy, à savoir un faciès très oxydé riche en oolithes et le minerai carbonaté. Les deux variétés renferment une grande quantité de quartz clastique.

4. — Synclinal Bagnoles-Domfront-Mortain

Le quatrième synclinal se divise en deux branches. Nous décrirons dans la branche Nord les gisements de la Ferrière-aux-Étangs et de Mont-en-Géraume, dans la branche sud ceux de la Gérarderie, du Bisson, de la Patricière, des Souchées et de l'Hermitage.

A) GISEMENT DE LA FERRIÈRE-AUX-ÉTANGS

La mine comprend deux exploitations, la Ferrière-Nord et la Ferrière-Sud. Nous décrivons le minerai de la première.

La Ferrière-Nord

Les échantillons étudiés proviennent des niveaux 175, 190, 220 et 250. D'après L. CAYEUX, on distingue suivant l'aspect macroscopique trois types de minerais : le rouge, le noir et le brun.

Niveau 175.

Au niveau 175, les différents types se succèdent de haut en bas dans l'ordre suivant : noir, rouge, noir, rouge et noir.

Source : MNHN, Paris

Le schiste au toit est riche en sidérose, il renferme quelques oolithes silicatées et du quartz détritique.

Immédiatement au-dessous, le premier noir se distingue du schiste par le nombre élevé des oolithes. Dans la gangue prédomine la sidérose associée à de la chlorite.

Le premier et le deuxième rouge ne présentent aucune différence essentielle avec le noir précédent. Cependant la zone corticale des oolithes est imprégnée d'un pigment ferrugineux.

Le deuxième et le troisième noir ont la même composition que le premier, toutefois, dans le deuxième, on observe la présence de quelques veinules de silice secondaire.

Au mur, on rencontre une masse carbonatée avec quelques oolithes vertes envahies par la sidérose. La roche est traversée par des filonnets de silice secondaire.

Niveau 190.

Au niveau 190, trois bancs noirs et trois rouges se succèdent en alternant.

Dans le minerai noir les oolithes silicatées, plus ou moins déformées, sont entourées par un liséré de carbonate. Beaucoup d'entre elles ont un noyau de sidérose. Le ciment est formé par de petits cristaux de carbonate sertis dans une masse ferrugineuse. Le quartz secondaire se dépose dans des fissures. Ce minerai est caractérisé par le contraste entre les oolithes silicatées vertes et le ciment carbonaté et ferrugineux.

Le minerai est plus oxydé qu'au niveau 175 ; les oolithes sont nombreuses, l'enveloppe silicatée renferme une quantité importante d'hématite.

La sidérose est le constituant essentiel de la gangue accompagnée par la chlorite. En dehors d'une multitude de petits fragments de quartz clastique on observe des veinules remplies par la silice secondaire. Au mur la formation s'enrichit en quartz et devient un véritable grès.

Niveau 220.

D'après le schéma donné par L. CAYEUX, à ce niveau se succèdent, de haut en bas, des bancs noir, rouge, noir, rouge, brun et noir.

Au toit, les oolithes silicatées sont serties dans une gangue où la chlorite se mélange à la sidérose. La roche englobe des fragments de quartz enveloppés dans une pellicule de chlorite.

Dans les bancs noirs, les oolithes chloriteuses sont teintées à leur partie périphérique par un pigment ferrugineux ; la gangue est essentiellement carbonatée, mais les cristaux de sidérose sont entourés par un peu de silicate. D'après L. CAYEUX, le deuxième noir renferme de l'hématite dans la gangue.

Les oolithes des minerais rouges sont plus ou moins déformées ; dans l'enveloppe les couches ferrugineuses alternent souvent avec des zones silicatées.

La sidérose plus ou moins oxydée occupe avec la chlorite les espaces interoolithiques. Quelques minuscules fragments de quartz sont sertis dans la gangue.

Source : MNHN, Paris

Le minerai brun est caractérisé par des oolithes ferrugineuses criblées de filaments de carbonate désignés Girnavella par L. Cayeux.

Dans le ciment la chlorite s'associe à la sidérose.

Une roche siliceuse et carbonatée avec quelques oolithes vertes très pâles termine la couche, qui passe ensuite à un quartzite chloriteux.

Niveau 250.

Les minerais noir, rouge, noir, rouge, se succèdent à ce niveau. Le toit de la couche est très silicaté. Les espaces interoolithiques sont parcourus par des veinules de silice lamellaire.

Le minerai noir est essentiellement chloritocarbonaté, tandis que le minerai rouge, très oxydé, renferme de l'hématite dans les oolithes et dans le ciment.

En résumé, le gisement de la Ferrière est à rapprocher de ceux de May-sur-Orne et de Saint-Rémy ; on y observe deux types de minerais : le chloritocarbonaté, désigné minerai noir, et le minerai hématitique appelé minerai rouge.

L'oxyde se localise essentiellement dans les oolithes.

B) Gisement de Mont-en-Géraume

Le gisement de Mont-en-Géraume est situé à une dizaine de kilomètres au sud-est de la Ferrière-aux-Étangs ; il s'étend sur les communes de Coulonges, la Sauvage, Saint-Michel-des-Andaines et Champsecret.

Un des caractères essentiels de ce minerai est l'absence de l'oxyde de fer, il est chloritocarbonaté. Le quartz autochtone y joue un rôle à la fois dans les oolithes et dans la gangue.

En général les oolithes sont formées par la chlorite ; elles ont parfois un noyau de quartz ou de carbonate, quelques-unes se sont développées autour d'un cristal de zircon ou de tourmaline. Certaines ont un noyau de chlorite. On ne voit que rarement la sidérose dans la zone corticale.

Dans la gangue, le carbonate est associé à la chlorite, il y forme des cristaux parfois colorés par un pigment ferrugineux.

Le quartz clastique est relativement rare. Par contre dans la plupart des échantillons on observe la silice déposée *in situ*. Presque toujours elle apparaît dans les oolithes et dans la gangue. Dans les ovoïdes elle accompagne le silicate, mais la proportion de ces deux minéraux est très variable. Parfois l'ovoïde est constitué par des grains de quartz déposés en couches concentrique que séparent des cloisons chloriteuses à peine visibles. Ailleurs le silicate prédomine. Si en général l'alternance très régulière des deux minéraux ne détruit pas l'harmonie de l'ensemble, quelquefois l'enveloppe verte semble corrodée par des plages irrégulières de quartz.

Enfin, il n'est pas rare que dans une même oolithe coexistent sidérose, chlorite et quartz.

Étant donné l'importance que prend à Mont-en-Géraume le phénomène de silicification, nous en décrirons quelques aspects typiques.

Source : MNHN, Paris

Dans une préparation, les oolithes silicatées vert pâle, presque cryptocristallines, sont déchiquetées et envahies plus ou moins par la silice. Dans la gangue on observe la sidérose imprégnée d'un pigment ferrugineux. Elle se présente en cristaux englobés par la même chlorite vert pâle, très faiblement biréfringente, qui constitue les oolithes. Le quartz en plages assez étendues moule les cristaux de sidérose. Quand il abonde dans la gangue, le quartz envahit les oolithes, il entame les parties externes de la zone corticale où il forme plusieurs couches continues ou partielles. Ce sont des strates homogènes ou des mosaïques de grains juxtaposés.

Il existe des oolithes dont le noyau siliceux englobe des cristaux de sidérose. Très souvent le quartz ne montre pas dans une strate la même orientation optique. L'ovoïde se divise en secteurs à l'intérieur desquels les couches successives s'éteignent simultanément.

Il est intéressant de signaler la texture que présente la gangue dans une autre préparation. La chlorite fait défaut et les cristaux de sidérose reliés par de petits lambeaux du même minéral forment des chapelets rectilignes parallèles entre eux et séparés par des bancs de silice grenue. Par endroits la silicification est plus complète, quelques-uns seulement des chapelets de sidérose se prolongent dans ces zones presque entièrement quartzifiées. Lorsque les oolithes sont laminées et présentent des contours en fuseaux, on a l'impression que l'invasion siliceuse s'est effectuée après la déformation.

Dans certains échantillons, la chlorite et le quartz remplissent les espaces interoolithiques. La silice constitue des agrégats de structure granoblastique. Elle englobe parfois la chlorite. Il faut noter que de nombreuses oolithes sont remplacées non seulement par la silice mais aussi par le carbonate. L'ovoïde est alors un agrégat de quartz et de sidérose avec quelques lambeaux de chlorite ; on décèle parfois la voie d'accès de la silice vers l'ovoïde lorsque celui-ci est traversé par une veinule remplie de quartz.

C) Mortain

Le gisement de Mortain se trouve à l'extrémité ouest de la branche sud du 4e synclinal.

Dans le minerai chloritocarbonaté les oolithes silicatées ont subi un commencement de silicification. Parfois la sidérose apparaît dans l'enveloppe. Les espaces interoolithiques sont occupés par le carbonate. Le quartz détritique abonde dans quelques échantillons. On observe de la silice formée *in situ* dans de petites plages et dans des fissures où elle accompagne la chlorite.

Dans le minerai « conglomeré » les oolithes sont en grande partie envahies par la sidérose de la gangue. Il n'est pas rare que deux ou plusieurs oolithes possèdent une enveloppe commune et l'ensemble montre une forme ovoïdale parfaite. Ces superoolithes ont un noyau de quartz.

D) La Gérarderie

Dans la partie est du synclinal, la couche N° 1 a été explorée par un sondage à la Gérarderie. Les échantillons examinés montrent que la goethite

Source : MNHN, Paris

joue un rôle important. Près du toit, les oolithes sont imprégnées d'un pigment ferrugineux. Plusieurs d'entre elles sont silicifiées.

Dans la gangue chloriteuse plus ou moins rougeâtre on observe des veinules de silice autochtone. La sidérose fait défaut. Le quartz détritique abonde, certains grains ont subi un nourrissage secondaire.

Dans la partie inférieure de la couche, les oolithes, franchement vertes, sont entourées par une gangue chloriteuse qui englobe des rhomboèdres de sidérose envahis par des produits ferrugineux.

E) Le Bisson

Les travaux de recherche ont atteint au Bisson les couches N° 2 et N° 3.

Les oolithes de la couche N° 2 sont silicatées, d'un vert très pâle, presque incolore. Une lame de chlorite de même couleur et bien clivée forme en général leur noyau. Beaucoup d'entre elles sont très déformées.

Dans la gangue s'associent la sidérose et la chlorite ; tantôt l'un tantôt l'autre de ces minéraux prédomine. On y voit une faible quantité de silice autochtone, et parfois de la pyrite. Un grès chloriteux et micacé constitue le toit de la couche.

Oolithes et gangue sont formées par la chlorite dans la couche N° 3.

F) La Patricière

A la Patricière comme au Bisson, les oolithes vert pâle possèdent pour noyaux une large lamelle de chlorite bien clivée. Dans la gangue le silicate accompagne des cristaux de sidérose dont la plupart ont fixé un pigment ferrugineux. Les oolithes, déformées et réduites en lambeaux, sont envahies par la sidérose. Accessoirement, on observe la silice secondaire dans le ciment.

G) Les Souchées

On retrouve aux Souchées les oolithes silicatées á gros noyaux de chlorite lamellaire. Elles sont en général déchiquetées, l'hématite apparaît dans la zone corticale. Dans les espaces interoolithiques, la silice secondaire englobe assez souvent la sidérose et la chlorite. On y aperçoit localement l'hématite.

H) L'Hermitage

On connaît dans la mine de l'Hermitage trois couches minéralisées : N° 3, N° 4, N° 5.

Couche N° 3.

Dans cette couche les oolithes silicatées sont souvent déformées et résorbées par le ciment. Elles ont parfois un noyau de chlorite et excep-

Source : MNHN, Paris

tionnellement de sphène. La sidérose se dépose dans l'enveloppe corticale et dans le noyau. Le ciment est un mélange confus de sidérose, de chlorite et de silice.

Couche N° 4.

Les oolithes silicatées renferment presque toutes une large lamelle de chlorite clivée. La zone corticale a souvent la même coloration vert pâle. Certaines oolithes sont silicifiées à leur pourtour. On observe des cristaux de sidérose dans les oolithes non seulement au voisinage de la gangue, mais aussi à l'intérieur de la zone corticale. Cependant on a l'impression qu'ils proviennent des espaces interoolithiques. Dans la gangue prédomine la sidérose en cristaux entourés par la silice. La chlorite est très accessoire. Le sphène et le zircon ont été observés.

Couche N° 5.

Le minerai de cette couche a une texture chaotique. Les oolithes déformées sont envahies par la gangue où la silice accompagne la sidérose.

CHAPITRE II

LE GISEMENT DEVONIEN DE DIÉLETTE

Avec Diélette nous abordons l'étude d'un gisement qui représente dans l'ensemble des dépôts ferrifères de la France, un cas particulier (2).

Il se trouve dans une région dont l'intérêt géologique et pétrographique est considérable. L'auréole de contact du massif granitique de Flamanville est citée comme un exemple classique du métamorphisme.

La mine elle-même a été visitée et étudiée par de nombreux ingénieurs et géologues. Cependant à notre connaissance il n'existe pas dans la littérature un travail d'ensemble relatif à la constitution et à l'origine du dépôt.

Le gisement s'étend sous la mer ; on y pénètre par un puits planté sur la plage à quelques mètres de l'eau. Il existe deux travers bancs aux niveaux —90 et —150. On distingue six couches minéralisées, 1, 2, 3, 5, 6, et la nouvelle couche. Les bancs stériles sont désignés par le terme de niveaux stratigraphiques. Du mur au toit on rencontre :

Couche N° 1
Niveaux stratigraphiques 1
2
3
4
5

Couche N° 5
Niveau stratigraphique 6

Source : MNHN, Paris

Couche N° 2
Niveau stratigraphique 7
Couche N° 3
Niveau stratigraphique 7
Couche N° 6
Niveau stratigraphique 8

Nouvelle Couche

Les travaux miniers ont permis de reconnaître deux synclinaux, le premier à l'est et le second à l'ouest, qui en réalité, forment une cuvette dédoublée.

La couche N° 1 affleure sur la plage, au contact du massif de Flamanville. Dans la mine on rencontre le granite au travers banc 90, dans les niveaux stratigraphiques 1 à 5, au flanc est du premier synclinal. On le trouve aussi au niveau stratigraphique 1 au flanc ouest du second synclinal.

Au travers banc 150 existe un autre accident granitique entre le banc du mur et le banc du toit de la couche N° 2, dans la branche ouest du second synclinal.

Nous décrirons ces différents niveaux dans l'ordre stratigraphique en partant du mur du dépôt.

Le granite

Au niveau 150, à quelques mètres du puits, dans la première couche, le granite renferme de l'orthose perthitisée accompagnée par de l'oligoclase. En dehors des feldspaths on reconnaît le quartz, la hornblende et la biotite. L'apatite forme de nombreux cristaux à contours parfaits, le sphène est très répandu, et on observe le zircon.

L'analyse chimique de ce granite a donné les résultats suivants :

SiO^2	66,60
Al^2O^3	15,70
Fe^2O^3	0,90
FeO	2,10
MnO	0,05
MgO	2,50
CaO	3,40
Na^2O	4,15
K^2O	3
TiO^2	0,50
P^2O^5	0,25
H^2O^7	0,60
	99,75

D'après les paramètres magmatiques calculés suivant A. Lacroix :

1 (II) . 4 . 2 (3) . 5

il s'agit d'un granite akéritique, son feldspath est une oligoclase voisine de l'andésine.

Source : MNHN, Paris

Entre le granite et la couche N° 1

Le travers banc 90 recoupe dans cette zone un quartzite à biotite, parcouru par de larges veinules d'une roche à structure grenue. On y reconnaît l'orthose accompagnée d'albite, une biotite chloritisée et le sphène. Il s'agit d'une syénite qui renferme un peu de quartz.

On retrouve les minéraux de cette roche diffusés dans le quartzite en dehors des filonnets. En effet, les grains de quartz sont souvent entourés par l'orthose et on voit, éparpillés dans la masse siliceuse, le sphène, le mica chloritisé et le zircon.

Couche N° 1

On rencontre la couche N° 1 dans la branche est du premier synclinal aux niveaux des deux travers bancs. Le fer se concentre dans les oxydes, magnétite et hématite. La première, en beaux cristaux, prédomine nettement. La gangue est très variable.

Au travers banc 90, la minéralisation se loge en partie dans une roche très siliceuse. C'est un quartzite dans lequel on reconnaît la biotite verdâtre en voie de chloritisation et accessoirement le zircon et le grenat. Dans cette trame sont venus se déposer des constituants émanant du granite, notamment l'orthose perthitisée souvent transformée en séricite. Les plages de feldspath potassique sont souvent entourées par l'albite. On observe également la hornblende. La magnétite est parfois englobée par un cristal de feldspath, mais elle peut aussi entourer celui-ci.

Au travers banc 150 la gangue, largement développée, est formée par le quartz, l'orthose et l'oligoclase. On retrouve la biotite et la hornblende accompagnée par l'épidote, le zircon et l'apatite.

En lumière réfléchie, on constate que la magnétite est souvent oxydée et anisotrope. L'hématite apparaît en cristaux très fins. La structure est en partie oolithique. En dehors des oxydes de fer, les ovoïdes renferment un peu de pyrite.

Niveau stratigraphique N° 1.

Les échantillons recueillis au travers banc 90 entre la couche N° 1 et l'accident granitique accusent nettement l'influence de celui-ci.

On peut distinguer dans une même préparation deux domaines différents l'un grenu, largement cristallisé, l'autre à grain fin et à texture orientée.

Partie grenue. — La roche, peu siliceuse, est plutôt une syénite qu'un granite. L'orthose est cloisonnée par des veinules d'albite et de quartz. La magnétite se dépose dans les filonnets, accompagnée de l'apatite, de la tourmaline et du quartz.

Partie à texture orientée. — Elle est fortement minéralisée et riche en silice. Le quartz semble postérieur à la mise en place des feldspaths qu'il entoure.

Source : MNHN, Paris

Les deux types de roches sont séparés par une zone riche en quartz.

En général la magnétite englobe le feldspath directement ou est séparée de lui par le mica brun. Elle se trouve aussi en inclusions dans le feldspath ; le quartz englobe des cristaux d'apatite.

En se rapprochant du niveau stratigraphique N° 2, on retrouve la minéralisation en magnétite et hématite dans une roche syénitique. En dehors de l'orthose et de l'albite on reconnaît l'oligoclase en cristaux zonés. Le quartz, la biotite, la hornblende, l'apatite et le sphène sont accessoires.

Au travers banc 150, le niveau stratigraphique 1 est une cornéenne formée par le quartz et le diopside qu'accompagnent la prehnite, l'épidote et le sphène.

Niveau stratigraphique N° 2.

Au travers banc 90, ce niveau est occupé par une cornéenne ou schiste feldspathique à biotite dans lequel on distingue des zones plus ou moins micacées. Par endroits on reconnaît la muscovite, la biotite devient rare, le feldspath est principalement l'orthose, mais on y trouve aussi de l'albite. La roche renferme quelques grains de zircon.

Au travers banc 150, on rencontre un schiste à deux micas et andalousite.

Niveau stratigraphique 4.

Deux roches très différentes existent au travers banc 90. L'une d'elles est la syénite à hornblende, sphène et apatite. L'autre une roche métamorphique où le diopside prédomine, accompagné par l'hypersthène, le grenat et localement le quartz. Dans les parties siliceuses, on reconnaît des mouches de pyrrhotite et de chalcopyrite.

Au travers banc 150 on a affaire à un quartzite qui renferme quelques paillettes de biotite verdâtre et de petits cristaux de zircon. L'ensemble est recoupé par des veinules de calcite.

Dans les branches ouest du premier et du deuxième synclinal on retrouve le quartzite micacé.

Niveau stratigraphique N° 5.

Nous avons exploré, en de nombreux points, ce niveau recoupé par les deux branches des deux synclinaux. On retrouve au travers banc 90 une roche grenue formée par des feldspaths : oligoclase et un peu d'orthose et de quartz. Comme minéraux accessoires on observe la hornblende, le sphène et l'apatite. A cette syénite succède, à quelques mètres plus loin, un quartzite feldspathisé où abonde l'orthose. Il renferme de la biotite, de la muscovite, ainsi que de la tourmaline et du zircon.

Au travers banc 150, le quartzite est dépourvu de feldspath. Le seul mica est la muscovite. On retrouve le zircon, le sphène et l'apatite.

Toutes ces observations ont été faites dans le flanc est du premier synclinal.

Source : MNHN, Paris

Le flanc ouest est constitué par un quartzite à biotite, amphibole, grenat, zircon et sphène. En général les minéraux phylliteux présentent une disposition curieuse en agrégats étoilés.

La branche est du second synclinal est recoupée par le travers banc 150. La roche qui constitue ici le nivcau stratigraphique 5 est faiblement minéralisée. C'est un quartzite à muscovite avec zircon et tourmaline. On identifie la magnétite optiquement isotrope, accompagnée par quelques lamelles d'hématite. On ne voit aucune trace de structure oolithique.

Dans la branche ouest de ce synclinal le niveau stratigraphique 5 est un quartzite faiblement micacé avec biotite plus ou moins chloritisée, et muscovite. On reconnaît aussi le zircon et la tourmaline.

Couche N° 5

Nous avons étudié la couche 5 dans le flanc ouest du premier synclinal.

Au travers banc 90, au toit de la couche, le minerai a une gangue hétérogène. Par endroits, l'orthose se dépose autour des cristaux de magnétite et les englobe. On rencontre exceptionnellement l'albite. Ailleurs le ciment est siliceux et micacé. En général, la muscovite et la biotite plus ou moins chloritisée s'appuient contre les faces des cristaux de magnétite. L'hématite apparaît souvent en grandes lames. La structure oolithique est assez bien conservée. Au mur, l'albite est abondante, elle accompagne l'orthose. La magnétite, en grande partie anisotrope, prédomine sur l'hématite.

Au travers banc 150, dans la gangue siliceuse, on observe un mica vert et des quantités notables d'apatite. En lumière réfléchie, en dehors de la magnétite, on reconnaît la marcasite.

Niveau stratigraphique N° 6.

Au travers banc 90, ce niveau est un quartzite à biotite en voie de chloritisation.

Dans la branche est du deuxième synclinal, nous avons retrouvé, au travers banc 150, le quartzite micacé.

Couche N° 2

Au flanc est du premier synclinal, au travers banc 90, le mur de la couche est fortement minéralisé par la magnétite anisotrope accompagnée par quelques cristaux d'hématite. Dans la gangue, on reconnaît la biotite, la muscovite et l'apatite. Au toit l'hématite abonde.

Au niveau 150, le minerai est stratifié, la gangue siliceuse et micacée forme des lambeaux et des bandes parallèles. On y remarque la présence de l'apatite et de la calcite auxquelles s'ajoute au toit le diopside. En général l'apatite forme des amas allongés ou des lentilles parallèles à la stratification.

Au flanc ouest du premier synclinal, la couche N° 2 est dédoublée par un intercalaire, on l'appelle alors couche N° 4.

Source : MNHN, Paris

Au travers banc 90, le minerai a une texture rubanée. Dans la gangue siliceuse et micacée on identifie l'apatite et la tourmaline. Des oolithes ont été reconnues formées par la magnétite et l'hématite.

Au flanc est du second synclinal le minerai est oolithique avec des ovoïdes déformés. La magnétite est beaucoup plus abondante que l'hématite. Dans la gangue très réduite, le quartz est accompagné par les deux micas et l'apatite.

Dans la branche ouest, au travers banc 150, la gangue est en partie calcaire, en partie siliceuse. On y remarque quelques fossiles. La couche est pénétrée par une roche microgrenue plus ou moins décomposée qui diffuse dans le minerai. On y reconnaît des phénocristaux et des microlites de plagioclase altéré et de grandes lamelles de biotite.

Au niveau 90, la composition minéralogique est très complexe ; la magnétite prédomine, accompagnée par un peu d'hématite. On note également la présence de la pyrite, de la chalcopyrite et de la bornite. Le quartz, très répandu, forme des grains d'aspect clastique englobés par l'épidote et le diopside. Dans les parties riches en pyroxène on trouve l'orthose.

Les oxydes forment des oolithes qui ont un noyau de quartz ou, suivant la nature de la gangue, de pyroxène, d'épidote ou de calcite.

On retrouve à ce niveau la roche microgrenue altérée.

Niveau stratigraphique N° 7.

Dans le flanc est du premier synclinal, au travers banc 90, se trouve une roche écrasée dont les constituants essentiels sont le quartz et deux amphiboles ; la gédrite et la trémolite. On identifie également de petits grains de diopside, de la préhnite largement cristallisée et du sphène.

Au même travers banc, dans le flanc ouest de ce synclinal, le niveau 7 est formé par trois roches très différentes. On y observe en effet une masse calcaire avec quelques paillettes de muscovite.

La seconde est un schiste hétérogène. Il comporte des zones, les unes riches en biotite, les autres formées par un mica verdâtre et par de petits cristaux d'andalousite altérée. Ce schiste est faiblement minéralisé par la pyrite et la magnétite.

La troisième roche est un schiste micacé à grenat, exceptionnellement on y voit de l'orthose et une tourmaline bleue.

Au travers banc 150, le niveau stratigraphique 7 est un quartzite à biotite.

Dans le second synclinal, au travers banc 90, on rencontre d'est en ouest d'abord un schiste à biotite avec ou sans hornblende, puis une cornéenne à plagioclase et à diopside, enfin un calcaire sans silicate.

Couche N° 6

Au travers banc 90, dans le second synclinal, au fond de la cuvette, la couche N° 6 renferme de la magnétite sans hématite. Dans la gangue siliceuse on trouve les deux micas, l'orthose et l'albite. En lumière réfléchie on y découvre de la chalcopyrite.

Source : MNHN, Paris

Niveau stratigraphique 8.

La couche N° 6 est surmontée par le niveau stratigraphique 8, nous l'avons rencontré dans le travers banc 90 au fond du premier synclinal. C'est un quartzite à biotite et andalousite.

Zone entre le niveau stratigraphique 4 et la nouvelle couche.

Un troisième synclinal, dont seul le flanc est a été exploré, fait suite au second. Entre le niveau stratigraphique 4 et la nouvelle couche, les deux travers bancs recoupent une formation hétérogène.

Au travers banc 90, á 35 m de la nouvelle couche, on a affaire à un grés à ciment calcaire ayant une texture nettement orientée.

Il comporte des zones où les grains de quartz sont cimentés par des paillettes de mica.

A 10 m de la nouvelle couche, on recueille des échantillons plus complexes. On distingue dans une préparation des parties riches en calcite. Le carbonate y englobe des grains de quartz, de diopside et accessoirement de la tourmaline. Ailleurs, dans un ciment siliceux et micacé, mais par endroits encore calcaire, on reconnaît en dehors du diopside, la hornblende et quelques grains de zircon et de sphène. Cette roche renferme de la marcasite.

Au travers banc 150, à 10 m de la nouvelle couche, on retrouve la roche calcaire dans laquelle la calcite est accompagnée par le quartz et le diopside.

Nouvelle couche.

La nouvelle couche au travers banc 90 montre une trés belle structure oolithique ; la magnétite et l'hématite forment des agrégats cimentés par une gangue siliceuse et micacée où se dépose également l'orthose. En lumière réfléchie, on distingue deux variétés d'hématite, l'une blanche l'autre jaunâtre. Dans certains échantillons on observe un faciès particulier du quartz. Le minéral se présente en grains d'aspect détritique qui ont subi un nourrissage secondaire. On observe, en outre, de la biotite plus ou moins chloritisée, la hornblende, l'apatite accessoire, l'épidote, la tourmaline et le zircon. Le minerai est riche en oxydes, la magnétite y est anisotrope, la structure est oolithique.

Au travers banc 150, avant d'arriver á la nouvelle couche, on se trouve en présence d'une roche dans laquelle le quartz est cimenté, soit par la biotite, soit par la calcite en zones alternées ; le mur de la couche est formé par un quartzite minéralisé qui renferme de la chlorite, de la hornblende et de l'épidote.

Au-dessus du mur, le minerai posséde une structure oolithique bien développée, la magnétite se présente en petits cristaux automorphes accompagnés par l'hématite. Dans les oolithes ces deux minéraux se déposent en zones concentriques. L'hématite est parfois remarquablement bien cristallisée. La gangue est tantôt essentiellement micacée, tantôt siliceuse ; dans les deux cas on y trouve de l'orthose.

Source : MNHN, Paris

Au-delà de la nouvelle couche.

Au-delà de la nouvelle couche, le travers banc 150 passe dans un complexe schisteux sur environ 200 m. Il s'agit de schistes tachetés constitués par le quartz, les deux micas et par un grand nombre de cristaux d'andalousite. On y observe du zircon et de la tourmaline. Les oxydes font défaut, par contre on trouve des traces d'une minéralisation sulfurée, marcasite et chalcopyrite.

Résumé

Couche N° 1.

La couche N° 1 est minéralisée par la magnétite, parfois anisotrope, et par l'hématite. Les oxydes se sont déposés dans un quartzite à biotite dans lequel a pénétré la roche granitique (orthose, albite, oligoclase et hornblende).

Niveau stratigraphique 1.

Le niveau stratigraphique 1 est une cornéenne à diopside et prehnite recoupée par la venue granitique.

Niveau stratigraphique 2.

Il s'agit d'un schiste feldspathique plus ou moins micacé ; par endroits on y trouve l'andalousite.

Niveau stratigraphique 4.

C'est tantôt une cornéenne á diopside, hypersthène et quartz, tantôt un quartzite micacé ; on y trouve des accidents syénitiques.

Niveau stratigraphique 5.

On suit dans les deux synclinaux ce niveau occupé par un quartzite micacé pénétré par des veinules granitiques.

Couche N° 5.

Le minerai montre une vague structure oolithique. On y trouve l'hématite et la magnétite, cette dernière en partie anisotrope.

Dans la gangue siliceuse et micacée, l'apport granitique se traduit par la présence de feldspath.

Niveau stratigraphique 6.

La roche de ce niveau est un quartzite micacé.

Couche N° 2.

La gangue est siliceuse, tantôt micacée, tantôt avec pyroxène et épidote. Il existe également des accidents calcaires.

Source : MNHN, Paris

Le minerai, en partie oolithique, est formé par la magnétite, souvent anisotrope, et l'hématite. On y voit des fossiles épigénisés par la magnétite. La couche est traversée par des filons de feldspath altéré associé à de la biotite.

Niveau stratigraphique 7.

Différents types de roches ont été reconnus à ce niveau : un schiste micacé avec ou sans andalousite, une cornéenne feldspathique à amphibole et pyroxène et des accidents calcaires.

Couche N° 6.

La couche N° 6, minéralisée par la magnétite, est caractérisée par une gangue siliceuse, qui renferme de l'orthose et de l'albite.

Avant la nouvelle couche.

Avant la nouvelle couche, on rencontre un grès à ciment calcaire avec hornblende et pyroxène, ainsi qu'un schiste à hornblende, pyroxène et calcite. Jusqu'à présent ces niveaux n'ont pas été situés dans la stratigraphie du gisement ; cependant nous pouvons les rapprocher, d'après leur composition minéralogique, du niveau 7.

Nouvelle couche.

Le minerai a une texture oolithique, on y remarque quelques fossiles Dans la gangue siliceuse, on trouve le mica, l'orthose la hornblende et l'apatite.

Au-delà de la nouvelle couche.

Au niveau 150, au-delà de la nouvelle couche, nous avons suivi, sur près de 200 m, un schiste à andalousite. Cette roche, caractéristique des auréoles de contact des massifs granitiques, affleure aussi en maints endroits de la région.

Considérations sur la genèse du dépôt

Il est généralement admis qu'au cours de son histoire, le gisement de Diélette a subi d'importantes transformations d'ordre métamorphique. On a supposé que le fer accumulé dans ce dépôt était d'origine magmatique, contemporain de la mise en place du massif de Flamanville. Sous cette forme l'hypothèse a été abandonnée par L. Cayeux, qui considère que les horizons dans lesquels se loge le gîte étaient minéralisés avant la mise en place du granite et que le dépôt serait d'origine sédimentaire comme tous les gisements oolithiques. Il pense cependant que la composition définitive a été élaborée sous l'influence des phénomènes consécutifs à la mise en place du granite.

Source : MNHN, Paris

Si, par sa complexité, le gisement de Diélette est très différent de tous ceux que l'on connaît en Normandie et en Anjou, il existe entre eux une analogie incontestable. Tous les gisements sont intercalés dans des formations siliceuses, schistes et quartzites qui comportent des accidents carbonatés. Ceux de l'Anjou se trouvent dans les grés armoricains et sont recouverts par les schistes á calyménes. A Diélette, le fer se concentre dans des quartzites dévoniens.

Les oxydes de fer sont anhydres, il s'agit de l'hématite, tantôt seule tantôt associée á la magnétite. La gangue est formée en grande partie par le quartz, le mica, la chlorite, mais en Anjou, il existe des minerais à gangue calcaire, á Chazé-Henry et à Segré. A Diélette, on trouve aussi des oxydes de fer cimentés soit par la silice et des minéraux phylliteux, soit plus rarement par le calcaire. Mais en général, la gangue prend dans ce gisement des formes minéralogiques plus complexes dues au métamorphisme.

L'étude détaillée d'un grand nombre d'échantillons permet de remonter de la composition actuelle á la composition initiale.

En schématisant, nous distinguerons deux types pétrographiques :

1) *Roches siliceuses.*

Elles se divisent en quartzites, en schistes ou cornéennes micacées.

Ces deux catégories sont plus ou moins feldspathisées. A l'échelle de l'échantillon ou de la préparation microscopique, on peut observer des veinules de granite à partir desquelles diffusent dans ces roches les feldspaths, les micas, l'apatite, le sphéne ; le zircon et la tourmaline.

2) *Roches calciques.*

A cette catégorie appartiennent des calcaires, intacts ou à peine modifiés, des pyroxérites et des cornéennes. Certaines de ces roches sont siliceuses ; on y trouve, avec le quartz, le diopside, la hornblende, le grenat et l'épidote. Dans d'autres, les silicates ferromagnésiens sont accompagnés par des feldspaths plus ou moins basiques. Il existe aussi des pyroxénites sans feldspaths.

On rencontre dans la mine une syénite quartzifère. L'oligoclase y accompagne l'orthose perthitisée. Elle renferme la biotite et la hornblende, et comme minéraux accessoires l'apatite, le sphéne et le zircon. On a également observé des amas d'une syénite sans quartz, á orthose et albite.

En ce qui concerne le minerai, nous pouvons faire, suivant la nature de la gangue, le même classement que pour les roches et distinguer un type siliceux et un type calcique.

Dans la majorité des cas, les oxydes sont cimentés par le quartz et le mica ; la structure de cette association est la réplique de celle des quartzites.

Il existe également des minerais dont la gangue renferme, outre le mica et le quartz, du diopside. Les feldspaths sont souvent présents dans ces deux catégories. Enfin la calcite seule constitue parfois la gangue du minerai.

Source : MNHN, Paris

Pour expliquer la grande diversité de la composition minéralogique, rappelons que le minerai s'est formé dans un milieu siliceux qui comporte des accidents carbonatés.

Une question primordiale se pose au point de vue de la métallogénie, c'est de savoir si la masse d'oxyde de fer a été transformée sous l'action du granite comme les minéraux de la gangue.

Examinons au point de vue géochimique l'influence possible de l'apport magmatique. Les éléments principaux fournis par le granite sont silice, l'alumine et les alcalis. Dans le milieu calcaire, la venue granitique donne naissance à des minéraux de néoformation calciques : pyroxène, épidote, grenat et plagioclase. Quant aux alcalis, le sodium entre dans la composition du plagioclase.

Dans le milieu siliceux, le rôle du granite est différent ; il ne provoque pas l'apparition de minéraux de néoformation mais y diffuse ses propres constituants : orthose albite et muscovite.

Ces minéraux sont peu ferrifères, par conséquent la contribution de la masse de fer est pratiquement négligeable. Dans ces conditions, le processus de métamorphisme n'a pu modifier ni la quantité ni l'état du fer.

Il est non moins clair que le fer n'est pas venu avec le granite. Le minerai est lité, fossilifère et en partie oolithique, c'est-à-dire certainement d'origine sédimentaire. Le métamorphisme n'a affecté que la gangue du minerai et les roches encaissantes. Il s'agit dans le milieu calcaire d'une métasomatose, transformation chimique et minéralogique de couches sédimentaires, avec conservation de l'ancienne structure et d'une diffusion dans le milieu siliceux.

CHAPITRE III

LES GISEMENTS DE L'ANJOU

A) Gisement de Segré

Le gisement est exploité aux deux flancs du synclinal. Au flanc nord les couches minéralisées A, B et C sont presque verticales. Leur pendage est d'environ 55° au flanc sud. Les couches C et B sont intercalées dans les grès armoricains, la couche A forme le contact de ces grès avec les schistes intermédiaires. Ces derniers séparent les grès armoricains proprement dits des grès supérieurs recouverts eux-mêmes par les schistes à calymènes. Par conséquent, de bas en haut, on rencontre successivement les couches C, B et A ; les deux dernières sont exploitées.

L'extraction se fait au nord dans la concession des Aulnais et au sud dans les concessions Bois I, Bois II, Bois III.

Source : MNHN, Paris

Couche A

Branche sud du synclinal. Niveau 400

Dans la partie ouest du synclinal, au Bois I (taille 412), le minerai renferme de la magnétite. L'examen microscopique en section polie montre que les cristaux de ce minéral sont fortement corrodés par la gangue. Ils conservent néanmoins leur forme cubique caractéristique. Par endroits leur coloration change, ils deviennent gris et anisotropes et se transforment en hématite. En lumière transmise, on voit que l'oxyde est englobé dans un ciment essentiellement chloriteux. Cette masse d'un vert intense renferme des agrégats d'un minéral brunâtre d'aspect micacé, la minguétite, ainsi que de nombreuses plages d'apatite.

Un peu plus à l'est (taille 410), on retrouve le minerai à gangue chloriteuse d'un vert vif avec la minguétite et l'apatite ; en outre le quartz se développe autour des cristaux de magnétite formant souvent des agrégats en peigne seul ou associé à la muscovite. En section polie on remarque que la magnétite est isotrope. Quelques plages de pyrite apparaissent dans la gangue et on observe des mouches de chalcopyrite dans les cristaux de magnétite.

A la taille 400 la silice secondaire est plus abondante et les structures en peigne plus fréquentes, les lames de quartz alternent avec la chlorite et la muscovite autour des cristaux de magnétite. L'apatite est assez répandue, la magnétite normale et isotrope. Quelques grains de pyrite se trouvent dans le ciment localement chloriteux.

Afin de déterminer la teneur en apatite, le phosphore a été dosé dans la partie non attirée à l'aimant, d'un échantillon broyé. La teneur en P^2O^5 est de 5,9 % soit 0,90 % dans la totalité de l'échantillon. Celui-ci renferme donc 1,45 % d'apatite.

Au Bois III, taille 401 la magnétite gris bleu anisotrope forme une masse presque continue. Le minerai est stratifié, la chlorite constitue la presque totalité de sa gangue peu abondante. Elle englobe quelques lamelles de muscovite et de rares îlots de quartz.

A la taille 409 la minguétite et l'apatite sont fréquentes dans la gangue chloriteuse. Les cristaux de magnétite sont automorphes, mais très corrodés et optiquement isotropes.

Un peu plus à l'est, à la taille 423, on observe une quantité exceptionnelle de minguétite. Elle se trouve dans la gangue chloriteuse, en général en contact direct avec les cristaux de magnétite bronzés et isotropes. L'apatite a également été observée.

A l'extrémité est du synclinal, à la taille 429, la magnétite forme à nouveau des cristaux isotropes, en partie bleus. Parfois les deux variétés sont associées dans le même individu.

Dans la gangue chloriteuse on trouve la minguétite et l'apatite et de minuscules plages de sidérose.

Source : MNHN, Paris

A la taille 425 *bis*, le minerai est surtout formé par la magnétite corrodée et isotrope. La gangue à structure orientée est chloriteuse avec un peu de silice secondaire.

Branche nord du synclinal. Niveau 400
Les Aulnais

A 100 m *de la faille Hte-Guilhière*, le minerai chloritocarbonaté renferme par endroits de la silice secondaire et de l'apatite.

La magnétite offre deux aspects bronzé et gris bleuâtre.

A 10 m *de la faille de la Hte-Guilhière*, dans la gangue on reconnaît la chlorite, l'apatite et par endroits la sidérose. Les parties carbonatées ont une structure oolithique. La magnétite est isotrope et très corrodée.

A 50 m *de la même faille*, quelques oolithes subsistent dans le minerai ; la magnétite présente deux aspects, certains cristaux sont bronzés, d'autres gris bleutés et anisotropes. Elle englobe un peu de pyrite et de chalcopyrite.

Dans la gangue hétérogène on distingue des zones riches en chlorite et des zones où la sidérose prédomine. Dans les parties silicatées, on reconnaît l'apatite et quelques grains de zircon.

A la taille 408 la sidérose forme de nombreuses plages. Le ciment chloriteux, où la sidérose accompagne le silicate, englobe la magnétite en cristaux corrodés isotropes, de dimensions très inégales.

A la taille 405, nous avons de nouveau affaire à un minerai oolithique ; dans la zone externe des ovoïdes on reconnaît la magnétite tandis que l'hématite se développe dans la partie centrale. La gangue chloriteuse et localement carbonatée renferme des cristaux de magnénite, de petites lamelles d'hématite et de l'apatite.

A la taille 407 le minerai est oolithique. Bien que laminés, les ovoïdes sont nettement visibles ; ils sont formés par un amas de fines lamelles d'hématite et des cristaux cubiques de magnénite isotrope, sertis dans une masse transparente.

Les oxydes se développent aussi dans le ciment chloriteux où apparaissent l'apatite et des grains de pyrite.

Branche sud du synclinal. Niveau 200

Bois I, bord sud du synclinal à 100 m de la faille St-Blaise.

La gangue chloriteuse englobe de la magnétite en cristaux très corrodés et quelques lamelles d'hématite séparées ou réunies en agrégats. La magnétite est rosée un peu anisotrope, on y observe aussi des plages gris bleuté.

Le minerai est traversé par des veinules. Lorsque ces filonnets rencontrent la magnétite, le quartz se dépose sur deux faces opposées du cristal en formant un assemblage en peigne. Parfois un liseré de chlorite sépare les deux minéraux.

Quelques grains d'apatite apparaissent dans la gangue.

Source : MNHN, Paris

Branche nord du synclinal. Niveau 200

A la taille 230. *Quartier de la Hte-Guilhière.*

La magnétite se signale par une faible anisotropie, elle est blanche par endroits. La gangue chloriteuse est parcourue par des veinules parallèles de silice secondaire. Le quartz donne des assemblages en peigne, seul ou avec le mica. On trouve accessoirement apatite et zircon.

Aux Aulnais, bord est de la branche nord du synclinal.

La sidérose et la chlorite constituent la gangue. Sur le fond carbonaté, le silicate forme des lambeaux allongés sensiblement parallèles. Quelques plages de silice secondaire, des grains d'apatite et de zircon sont sertis dans le ciment. La roche renferme des oolithes assez mal définies dans lesquelles la sidérose englobe des cristaux de magnétite faiblement anisotropes concentrés surtout dans la zone la plus externe.

Couche B

Branche sud du synclinal. Niveau 400

Au Bois 1 (taille 402) on trouve au mur de la couche un minerai dans lequel la chlorite est accompagnée par la silice et par le mica blanc auquel s'ajoutent le zircon et l'apatite.

La chlorite, tantôt verte, tantôt et plus souvent brunâtre, forme des lambeaux entourés de mica blanc.

La magnétite est rose et isotrope parfois dans le même cristal on la voit associée avec l'hématite. Celle-ci apparaît en lamelles disséminées dans la gangue ou en plages à contours cubiques. La magnétite renferme quelques gouttelettes de chalcopyrite.

Au milieu de la couche, toujours à la taille 402, l'hématite est très abondante, elle entoure généralement les cristaux de magnétite. Celle-ci est isotrope. Les cristaux opaques sont englobés par la chlorite ou le mica qui ont une importance quantitative sensiblement égale, on y observe aussi le quartz, l'oligoclase et l'apatite.

A la taille 418, au milieu de la couche la magnétite plus ou moins oxydée légèrement anisotrope est entourée par l'hématite qui abonde. Dans la gangue très réduite on identifie le mica, la chlorite verte la silice secondaire, l'apatite et le zircon.

Au mur de la couche le minerai est riche en quartz secondaire qui présente deux aspects. On le voit souvent en grandes plages. Ailleurs, dans une masse finement grenue, la silice est associée à la muscovite et à la chlorite, criblée d'une fine poussière d'hématite. On y reconnaît aussi l'oligoclase et l'apatite.

La magnétite se présente en cristaux rosé intacts. Certains cependant sont corrodés ; dans quelques-uns l'hématite forme un réseau de lamelles orientées à 60°. On observe également ce minéral en cristaux bien développés dans la gangue.

Source : MNHN, Paris

A la taille 404, au mur de la couche, la gangue est composée par le quartz, le mica blanc et la chlorite. Elle englobe des cristaux de magnétite très corrodés, tantôt isotropes, tantôt partiellement transformés en hématite.

Dans certains cristaux de magnétite on voit la chalcopyrite. La silice et le mica forment des assemblages en peigne au contact de la magnétite. On reconnaît aussi quelques grains de zircon, de rutile et de sphène. L'apatite est très abondante, un dosage du phosphore conduit á en calculer 7,7 %.

Au milieu de la couche la partie transparente du minerai est très réduite et presque uniquement micacée. En effet, la silice secondaire et la chlorite disparaissent presque totalement. La magnétite est accompagnée par l'hématite assez largement cristalline.

Bois III. — On trouve dans la couche B une roche ayant le faciés d'un quartzite micacé. Le quartz s'y présente en gros cristaux mais il forme aussi une pâte finement grenue avec le mica. Dans certaines zones la gangue se charge de chlorite et on y voit quelques cristaux de tourmaline. La magnétite apparaît principalement en petits cristaux isolés ou réunis en masse interstitielle autour des fragments ou des agrégats de quartz.

Le minerai proprement dit est presque aussi chloriteux que dans la couche A, il englobe quelques oolithes. Dans le ciment silicaté on remarque le quartz, le mica et l'apatite. Il est traversé par des fissures remplies de silice secondaire et de sidérose bordées par la chlorite. La magnétite est isotrope.

Ailleurs la gangue siliceuse et micacée est extrêmement réduite, la chlorite y fait défaut. La magnétite est isotrope entourée parfois par l'hématite.

Quelques oolithes s'offrent à l'observation présentant dans une masse transparente des lamelles d'hématite et des cristaux de magnétite. On remarque également quelques plages de chalcopyrite.

Dans les intercalaires du Bois III les cristaux opaques sont séparés de la silice secondaire par le mica. On y voit quelques oolithes et des grains de zircon. La magnétite isotrope est souvent entourée par l'hématite. Dans la gangue, en général, le quartz est accompagné par la muscovite á laquelle s'ajoute parfois la chlorite. Un dosage de phosphore a permis de calculer 0,9 % d'apatite dans un échantillon.

A la taille 411, au mur de la couche le minerai posséde une structure oolithique bien développée. Les oolithes inégalement réparties sont opaques ou partiellement transparentes. On constate qu'elles sont formées par les oxydes de fer, le mica et le quartz. Dans la gangue prédomine le quartz, mais le mica y apparaît en grandes lames ou en petites paillettes accompagnécs par la chlorite et une quantité notable d'apatite. La magnétite isotrope est entourée par une masse d'hématite.

Au milieu de la couche l'hématite abonde et les cristaux de magnétite á quelques exceptions près sont anisotropes. Dans la gangue le mica s'ajoute au quartz secondaire. On compte dans le minerai quelques oolithes.

Source : MNHN, Paris

A la taille 431, au mur, la gangue siliceuse et légérement micacée est criblée d'une poussiére opaque. L'hématite forme de nombreuses lamelles et remplace en partie la magnétite. Quelques oolithes y ont été observées. On peut signaler la présence de zircon et de chalcopyrite.

Au milieu de la couche dans la gangue, siliceuse et micacée, très peu abondante on reconnaît de nombreuses plages d'apatite et quelques grains de zircon. Le minerai est trés riche en hématite qui remplace en partie la magnétite isotrope, et cristallise en dehors d'elle. Les deux oxydes se trouvent aussi réunis dans de rares oolithes.

Branche nord du synclinal

Niveau 400. — Aux Aulnais, dans l'amas ouest, le mur de la couche renferme quelques oolithes, il est minéralisé par la magnétite isotrope et par l'hématite. La silice secondaire et le mica accompagnés par l'oligoclase, la chlorite en forment la gangue. On y voit aussi le zircon.

Au milieu de la couche, la magnétite est en partie anisotrope ; l'hématite abonde dans les ovoïdes et dans la gangue siliceuse et micacée.

Branche sud du synclinal

Niveau 200. — Par rapport aux échantillons de la couche A le minerai prélevé au mur accuse un enrichissement en hématite, mais la magnétite reste encore de beaucoup le plus abondant des oxydes. L'hématite cristallise en lamelles épigénisant souvent la magnétite. Dans la gangue prédomine le quartz, il forme tantôt des agrégats finement grenus tantôt des fragments beaucoup plus importants. On aperçoit des lamelles de muscovite, localement de la chlorite et quelques cristaux d'apatite et de zircon.

Notons que le quartz moule les cristaux opaques. Quelques ovoïdes en magnétite et hématite apparaissent dans chaque préparation.

Au milieu de la couche l'hématite est plus fréquente, elle entoure les minéraux transparents qui sont les mêmes qu'au mur de la couche.

Branche nord du synclinal

Niveau 300, *á* 100 *m á l'ouest de la faille de la Hte-Guilhière.* — Au milieu, la gangue se réduit á un mince remplissage siliceux et micacé autour des cristaux de magnétite isotrope. L'hématite forme tantôt des masses compactes tantôt des lamelles remarquablement cristallines. On la voit aussi en cubes qui doivent certainement leur forme á la magnétite préexistante. En lumière réfléchie on reconnaît des oolithes légèrement aplaties dans lesquelles prédomine l'hématite.

Au mur le minerai est moins riche en oxydes, l'hématite surtout est moins abondante. Plus á l'est, aux Aulnais, l'hématite est accessoire, le niveau étant surtout minéralisé par la magnétite isotrope et très corrodée.

Les oxydes sont cimentés par une masse chloriteuse parsemée de lamelles de mica et par des grains de quartz. La position relative des miné-

Source : MNHN, Paris

raux est la suivante : le quartz englobe la magnétite, dans certains cas elle en est séparée par la chlorite.

Au mur de la couche, la magnétite est parfois légèrement anisotrope.

Étude chimique

Pour compléter les résultats de l'étude microscopique, quatre échantillons ont été choisis dans chaque couche et analysés.

Dans la couche A, un provient de la branche N : A-30, et trois de la branche sud : A-7, A-21 et A-25.

Dans la couche B, un provient de la branche N : B-36, et trois de la branche sud : B-35, B-20 et B-22.

	A-7	A-21	A-25	A-30	B-5	B-20	B-22	B-36
	—	—	—	—	—	—	—	—
SiO^2	3,60	5,00	4,85	5,35	14,70	8,70	12,—	8,70
Al^2O^3	8,00	4,50	4,00	3,00	6,50	6,00	5,55	4,20
Fe^2O^3	51,85	52,80	57,30	45,60	56,25	68,85	54,20	56,50
FeO	31,60	32,00	31,70	32,50	15,60	12,10	11,60	27,30
MnO	0,08	0,10	0,08	0,15	0,04	tr	0,14	0,08
MgO	0,10	0,60	0,60	1,20	0,30	0,50	0,70	0,30
CaO	1,05	1,80	0,10	2,55	1,60	0,80	6,45	0,25
Na^2O	0,30	tr	tr	0,15	1,25	1,10	0,50	0,10
K^2O		tr	tr	0,10	0,50	0,45	0,60	0,15
TiO^2	0,15	0,10	0,23	0,38	0,40	0,25	0,55	0,70
P^2O^5	0,90	0,52	0,30	0,90	0,65	0,45	4,80	0,23
H^2O —	0,15	0,10	0,15	0,14	0,28	0,12	0,18	0,37
H^2O +	2,20	2,40	1,60	2,50	1,60	1,30	2,10	1,50
CO^2	—	—	—	5,00	—	—	—	—
	99,98	99,90	100,91	99,52	99,67	100,62	99,37	100,38

Le fer entre dans la composition des oxydes, dans celles des silicates : chlorites, mica, minguétite et dans la sidérose, mais il n'est pas possible de calculer sa répartition dans tous ces minéraux.

Cependant parmi les constituants ferrifères, la magnétite et l'hématite sont les plus importants. On peut caractériser le minerai par une teneur virtuelle en magnétite égale au maximum calculable. Le fer ferrique en excès sera exprimé en hématite.

Alors que les teneurs en fer ferrique sont sensiblement du même ordre dans les deux couches, on enregistre une grande variation pour le fer ferreux qui est beaucoup moins abondant dans la couche B.

Echantillons de la couche A

Teneur en %	A-7	A-21	A-28	A-30	Moyenne
Magnétite	75	78	84	66	75
Hématite	—	—	—	—	—
FeO	8	7	5	11	8

Echantillons de la couche B

	B-5	B-20	B-22	B-36	Moyenne
Magnétite	50	39	82	37	59
Hématite	21	43	—	29	23
FeO	—	—	—	2	—

Source : MNHN, Paris

Le calcul fait apparaître en moyenne 75 % de magnétite dans la couche A, contre 59 % dans la couche B.

L'hématite, pratiquement absente dans la couche A, représente environ 23 % dans la couche B.

Les analyses montrent un excédent de 8 % de FeO dans A où le fer est beaucoup plus réduit que dans la couche B.

Quant à la silice elle représente 10 % en moyenne dans la couche B riche en quartz et 4,5 % seulement dans la couche A où la gangue est chloriteuse et carbonatée.

Comme nous l'avons vu, l'examen microscopique a révélé la présence de l'apatite dans de nombreux échantillons. Afin de confirmer le diagnostic fait à l'aide des propriétés optiques et pour donner une idée de la teneur en phosphate nous avons dosé P^2O^5 dans 6 échantillons, on trouvera ci-dessous les résultats. Dans certains spécimens la teneur en P^2O^5 est variable tel est le cas des échantillons A-30 et B-22.

	Couche A		Couche B			
N° des échantillons	17	30	8	14	15	22
P^2O^5	1,35 %	1,65-0,90	3,50	0,40	0,90	1,55-4,80
Apatite	2,85	3,60-2	7,70	0,90	1,90	3,30-11,4

Nous avons en outre examiné un échantillon recueilli à Ombrée, où l'apatite se développe largement dans des veinules. Des plages de ce minéral ont été prélevées dans des lames minces et étudiées à l'aide des rayons X.

Le spectre confirme le diagnostic établi par les propriétés optiques. Le même échantillon a été étudié à la sonde de Castaing qui a mis en évidence le phosphore et le calcium dans tous les agrégats reconnus comme apatite. Il a été également constaté qu'aucune plage ferrugineuse ne renferme de phosphore.

L'analyse chimique a révélé des teneurs de 5,5 % de P^2O^5 et de 6.5 % de CaO, ce qui correspond, avec le rapport moléculaire 1 : 3, à 13 % d'apatite.

Conclusion

Les couches A et B se distinguent assez nettement par leur composition minéralogique. Essentiellement chloriteuse en A, la gangue est quartzeuse et micacée en B où la chlorite ne joue qu'un rôle tout à fait accessoire.

Parmi les oxydes prédomine la magnétite. Elle présente deux faciès, l'un normal et isotrope, l'autre, d'un blanc bleuté, agit nettement sur la lumière polarisée.

L'hématite est exceptionnelle dans la couche A, alors qu'elle prend des proportions notables dans la couche B. Des accidents carbonatés existent aux Aulnais au niveau 200 comme au niveau 400. En confrontant les résultats on peut résumer dans un tableau les caractères dominants du minerai de Segré.

Source : MNHN, Paris

Couches	*Gangue*	*Oxydes*
A	Chlorite Accident carbonaté aux Aulnais	Magnétite Hématite. — Bois 1 et aux Aulnais
B	Quartz, mica, chlorite	Magnétite et hématite

B) Chazé-Henry

On exploite à Chazé-Henry, au nord-ouest de Segré, un dépôt ferrifère, intercalé dans les grès armoricains. Ceux-ci reposent sur les schistes pourpres et sont recouverts par les schistes à calymènes. Le minerai forme trois couches qui sont, de haut en bas, A, B, et C. Seules les deux premières sont exploitées ; 40 m de stérile les séparent.

Chacune de ces couches est divisée en bancs par des intercalaires siliceux.

Nous avons étudié une coupe de 5 m de puissance dans la couche B à l'étage 137, dans le parallèle B 10 est, à 147 m du travers-banc. Nous décrirons cette coupe du toit au mur.

A partir du toit, sur environ 0,80 m de profondeur, le minerai est un véritable quartzite à magnétite, le quartz étant accompagné par la chlorite et par la sidérose. La magnétite s'y présente en cristaux automorphes, en général corrodés ; ils sont englobés par le quartz. On voit parfois la magnétite entourée d'un grain ou de plusieurs cristaux de quartz séparés par des cloisons de sidérose et de chlorite. On observe également le zircon, parfois au milieu d'un grain de quartz.

En pénétrant dans la couche, le minerai devient très riche en fer, la magnétite occupe la plus grande partie des préparations. Elle se présente en cristaux isolés ou réunis en agrégats sertis dans une gangue complexe. Dans ce ciment, on observe quelques plages de quartz, mais, le plus souvent, il s'agit d'une association de mica blanc très finement lamellaire et de chlorite.

L'apatite se dépose dans la gangue entourée par les agrégats phylliteux. On observe quelques débris de tourmaline bleue.

Le minerai est parcouru par des veinules dans lesquelles on voit, associées, la chlorite et la sidérose avec le quartz, ce dernier se présente en lamelles perpendiculaires aux parois de ces filonnets.

En résumé, la magnétite peut être entourée par le quartz, par la chlorite, ou par le mica. Lorsque les deux phyllites existent au contact de la magnétite, on rencontre d'abord la chlorite, plus loin le mica.

Dans certains échantillons formés essentiellement de magnétite, quartz et mica, les rapports de ces minéraux sont les suivants : en général le quartz englobe la magnétite, mais parfois la magnétite englobe le quartz. Le mica est le plus souvent intergranulaire par rapport au quartz mais on voit aussi de petits cristaux de magnétite entourés par les agrégats micacés ou siliceux et micacés.

De 0,80 à 1 m 40 du toit, deux changements se produisent dans la composition du minerai. La sidérose disparaît et la chlorite devient rare ; par contre

Source : MNHN, Paris

l'hématite accompagne la magnétite. Dans cette zone on note la présence de quelques oolithes.

En sections polies, on constate que l'hématite remplace en partie certains cristaux de magnétite. En dehors de ce faciès compact, on voit l'hématite en lamelles bien définies ou en cristallites qui constituent un véritable nuage. Cette hématite finement lamellaire entoure les cristaux de magnétite, mais on voit aussi l'hématite compacte en grains de forme quelconque entourés par les mêmes agrégats finement lamellaires.

Dans toutes les oolithes on décèle en lumière réfléchie des lamelles d'hématite dans une masse transparente. L'oxyde se concentre principalement dans les parties périphériques. On remarque souvent des cristaux de magnétite à l'intérieur de l'oolithe ou encore à cheval sur l'ovoïde et la gangue.

La partie transparente de l'oolithe est formée par le mica et la silice et par un peu de chlorite, c'est-à-dire par les mêmes minéraux que ceux du ciment.

A 1 m 50 du toit, on rencontre un accident très siliceux de 0 m 15 d'épaisseur. Il s'agit d'un quartzite micacé peu minéralisé à magnétite et hématite.

De 1 m 65 à 2 m 20 du toit, le minerai s'enrichit à nouveau. L'hématite y est abondante, due en partie à l'oxydation de la magnétite, mais on la trouve aussi en quantité notable autour des cristaux de magnétite, en agrégats lamellaires, parfois en cristaux submicroscopiques.

La gangue est siliceuse et micacée. Dans un échantillon on a observé quelques plages de sidérose renfermant de l'apatite.

Dans cette zone, les oolithes sont fréquentes. En dehors des oxydes, elles sont formées par le mica et le quartz ; lorsque la sidérose est présente dans la gangue, on la voit aussi dans les ovoïdes.

Après un accident siliceux, très peu minéralisé, de 0 m 10, on retrouve, sur 0 m 20 d'épaisseur, le minerai normal siliceux et micacé à magnétite et hématite.

Puis, sur 1 m de puissance, la teneur en fer diminue et l'hématite disparaît ou devient exceptionnelle. Le quartz est très abondant dans certains échantillons et on n'observe pas d'oolithe.

A la partie inférieure de la couche, on rencontre un banc de 1 m 15 d'épaisseur, qui est fortement minéralisée. L'hématite accompagne toujours la magnétite. Ces minéraux sont cimentés par le quartz et le mica blanc. Dans certains échantillons on observe quelques cristaux de plagioclase. Presque tous renferment une tourmaline bleue et du zircon. L'apatite et la sidérose ont été observées dans quelques minerais.

Dans toutes les préparations on voit des oolithes dont la composition reflète celle de la gangue. Toutes renferment de la magnétite et de l'hématite accompagnées tantôt par le quartz et le mica, tantôt par la sidérose.

En résumé : La couche B de Chazé-Henry est un dépôt siliceux et micacé minéralisé par la magnétite et l'hématite.

La magnétite est présente dans tous les échantillons, par contre l'hématite fait défaut à la partie supérieure. Parmi les minéraux de la gangue, le quartz et le mica sont des éléments constants.

Source : MNHN, Paris

La chlorite a été observée vers le toit, en revanche la sidérose ne se présente qu'au mur. L'apatite a été reconnue surtout à la partie supérieure de la couche.

En ce qui concerne la structure, il existe deux niveaux de 1 m d'épaisseur dans lesquels on observe des oolithes qui sont cependant peu nombreuses. Ils se situent au mur et à 1 m du toit.

Les minerais oolithiques sont particulièrement riches en fer.

Si l'on compare les couches B de Segré et de Chazé-Henry, on constate que la composition minéralogique est la même. Toutefois il convient de souligner une différence. Alors que la magnétite est isotrope et normale dans toute la couche à Chazé-Henry, elle présente dans celle de Segré deux variétés, l'une normale, et isotrope, l'autre oxydée et anisotrope.

CONCLUSIONS

Il existe deux principales doctrines pour expliquer la genèse des minerais de fer oolithiques. Certains auteurs considèrent qu'ils ont conservé leur composition et leur structure initiales. Les partisans de cette théorie ne font appel qu'à la précipitation chimique.

Pour d'autres, au contraire, des changements notables sont intervenus depuis l'origine. La plupart d'entre eux affirment que la structure oolithique a été conservée, mais que la nature minéralogique des éléments a subi une évolution qui ne laisse pratiquement rien subsister de la composition initiale.

Ainsi un calcaire oolithique se serait transformé en un dépôt dans lequel une grande partie de la calcite est remplacée par des minéraux de néoformation.

Cette théorie exige, comme nous le verrons, un grand effort d'imagination. Pour un de ses représentants les plus éminents L. Cayeux (1) les minerais de Lorraine se sont élaborés dans deux milieux distincts le premier est le milieu générateur, le deuxième le centre d'accumulation. Dans le milieu générateur s'est formé un dépôt d'existence éphémère qui comprenait déjà oolithes, organismes, débris clastiques et gangue. Cette formation provisoire est détruite presque immédiatement après sa consolidation par des phénomènes tectoniques et par érosion due aux courants marins. Les oolithes décortiquées par ce morcellement et ce brassage ont été intégrées par la suite dans le dépôt définitif.

Dans le centre d'accumulation, oolithes et organismes empruntés tels quels au milieu générateur sont cimentés par une nouvelle gangue. C'est ici que s'achèvera l'histoire du dépôt, après une longue série de mutations.

Les oolithes calcaires à l'origine se seraient transformées par un mécanisme qui n'est pas précisé, en sidérose puis en chlorite. Enfin le silicate aurait donné naissance aux hydroxydes et oxydes de fer. Conjointement aurait lieu une évolution parallèle des fossiles. La gangue parcourt les mêmes

Source : MNHN, Paris

phases carbonatées, silicatées et oxydées. Toutefois son évolution est toujours en retard sur celle des oolithes.

Aucune explication n'est donnée par L. CAYEUX pour étayer l'hypothèse des transformations successives.

En 1939, J. BICHELONNE et F. ANGOT (3) ont esquissé une théorie d'après laquelle le fer précipite directement sous forme de sidérose et de chlorite. Ils considèrent avec L. CAYEUX que ces deux minéraux donnent naissance aux oxydes de fer, mais n'admettent pas le remplacement de la calcite par des minéraux ferrugineux. Ils pensent que le carbonate se dépose le dernier et constatent qu'il n'existe pratiquement pas en tant qu'élément constitutif des oolithes.

En 1961, L. BUBENICK (4) a publié un mémoire sur la constitution et la répartition du minerai de fer dans l'aalenien de Lorraine.

En se référant aux travaux de STRAKHOV, il voit dans les lois mécaniques de la sédimentation le facteur essentiel de l'histoire du dépôt. Il est ainsi conduit à une classification des minerais suivant des critères granulométriques. Dans chaque catégorie ainsi définie, il distingue un certain nombre de paragenèses : oxydée, chloriteuse á sidérose et á pyrite.

Par exemple une arénite oxydée à ciment calcaire subit une réorganisation minérale avec apparition successive de leptochlorite puis de sidérose et enfin de pyrite.

On retrouve ici l'idée essentielle de la théorie de L. CAYEUX, mais les différentes étapes ne se suivent pas dans le même ordre ; en particulier pour L. BUBENICK, les oxydes de fer constituent le stade initial, puis apparaissent les minéraux dans lesquels le fer est de plus en plus réduit.

Le passage de la limonite à la leptochlorite s'opère grâce à l'action de solutions interstitielles. D'après l'auteur, pendant ce processus, le fer reste « invariant ». Pour que la transformation se réalise, l'élimination du calcium et l'apport simultané du magnésium, de l'aluminium et du silicium s'imposent.

Dans ces conditions, il s'agirait de solutions qui apportent les éléments nécessaires, emportent ce qui est inutile et laissent intact l'élément indispensable.

Ce postulat est difficile à admettre tant au point de vue chimique que minéralogique.

Au Congrès Géologique d'Alger en 1952 (5) nous avons montré que les formations ferrifères de Lorraine se divisent en trois niveaux dans lesquels, de haut en bas, le fer est de plus en plus réduit (6).

Dans la zone supérieure, il est uniquement à l'état ferrique, on y rencontre la goethite associée à la calcite.

La zone inférieure est caractérisée par la paragenèse sidérose, chlorite, tout le fer s'y trouve à l'état ferreux.

Dans la zone moyenne où coexistent le fer ferreux et le fer ferrique, calcite, sidérose, chlorite, goethite hématite, magnétite sont associées.

A notre connaissance, ce travail représente la première tentative pour expliquer la composition minéralogique d'un dépôt ferrifère en fonction de l'état d'oxydation du fer.

Source : MNHN, Paris

Certains auteurs pensent que les oolithes se sont formées dans la couche superficielle des eaux marines agitées. Lorsqu'elles ont atteint leur taille définitive, elles tombent au fond et sont incorporées dans le sédiment en voie de formation. D'autres auteurs vont plus loin et estiment que les ovoïdes ont pris naissance et achevé leur développement hors du bassin de sédimentation.

La zone corticale des oolithes se développe souvent autour d'un fragment clastique, par exemple quartz de mêmes dimensions et de même forme que ceux sertis dans le ciment. Beaucoup ont pour noyau un débris de gangue. Il semble dans ces conditions que oolithes et gangue se forment dans le même lieu et au même niveau.

On pourrait citer d'autres arguments parmi lesquels nous en choisirons un. Par exemple dans la couche grise caractérisée par une structure harmonieuse, en partant d'une oolithe on rencontre toujours les constituants dans un ordre déterminé. En contact avec la zone corticale, se disposent le silicate, puis la calcite et la sidérose.

Dans les minerais primaires, les oolithes renferment en général les constituants du ciment. Ainsi dans la couche B de Sergé et de Chazé-Henry, les ovoïdes sont siliceux et micacés mais, ils contiennent de la sidérose dans les accidents carbonatés de la couche A de Segré.

La présence de la magnétite dans les minerais oolithiques a beaucoup intrigué les géologues. En Lorraine, ils ont cherché à l'expliquer par les actions tectoniques, telles que les failles. En Anjou et en Normandie le métamorphisme régional ou de contact a été mis en cause.

Remarquons à ce propos que les minerais magnétiques de Lorraine, vus au microscope, ne sont pas plus déformés que les faciés non magnétiques.

Par contre la présence de la magnétite dans la zone moyenne s'explique d'une façon satisfaisante par des considérations d'ordre physico-chimique.

De même, en Anjou, on ne connaît au voisinage des dépôts ferrifères aucune formation éruptive susceptible de transformer ces sédiments sur une vaste échelle.

En résumé, rien ne permet d'affirmer que les minerais de fer oolithiques aient subi de profondes transformations depuis leur origine.

Contrairement aux adeptes des théories transformistes, de nombreux auteurs ont exprimé l'opinion que les minerais de fer sédimentaires n'ont subi au cours de leur histoire aucune transformation notable et qu'ils avaient dés l'origine la même composition et la même structure qu'ils possèdent actuellement.

En 1907 A. Lacroix (7) se dit en désaccord avec les théories faisant appel á des phénomènes d'épigénie. D'aprés cet auteur on comprendrait que des calcaires puissent être épigénisés en bloc en produits ferrugineux, mais l'élection du fer dans une partie seulement des éléments de la roche est plus difficile à concevoir. Il accepte volontiers la contemporanéité de la formation des oolithes ferrugineuses et des calcaires qui les renferment.

A propos des minerais de Clinton, C. H. Smyth, en 1892 (8), remarque que l'existence d'oolithes ferrugineuses dans un ciment calcaire s'explique en supposant qu'elles étaient ferrugineuses lorsqu'elles ont été incorporées

Source : MNHN, Paris

à la roche et il conclut que l'hydroxyde s'est déposé directement dans les eaux côtières de la mer silurienne.

A. F. Hallimond (1925) (9) estime que les minerais de fer du pays de Galles sont des sédiments formés par précipitation dans l'eau de mer. Il rejette la théorie de la métasomatose et remarque en particulier que la magnétite est primaire dans ces dépôts.

D'après H. L. James (1954) (10), dans la région du Lac Supérieur, la magnétite, constituant esssentiel du minerai, associée au silicate de fer et à la sidérose, s'est formée à la température ordinaire dans des conditions limites entre celles d'un milieu oxydant et d'un milieu réducteur.

Le précambrien de la Suède Centrale, qui contient des roches à hématite identiques aux minerais du Lac Supérieur, est considéré par P. Geijer (11) comme un sédiment oxydé primaire.

Le minerai lité siliceux à hématite de Morro di Urucum (Brésil) est, pour J. V. N. Dorr (12), un sédiment qui n'a subi aucune transformation depuis son origine.

K. Spiroff (1938) (13) signale que des eaux ferrugineuses d'origine météoriques peuvent dans certaines conditions d'oxydoréduction déposer de la magnétite.

A. O. Hayes (1915) (14) insiste sur la nature sédimentaire primaire des gisements de fer de Wabana. Le fer qu'ils contiennent était présent dans le sédiment à l'époque où celui-ci s'est déposé. L'alternance des couches concentriques d'hématite et de chamosite dans les oolithes suggère que la plus grande partie de l'oxyde s'est formée simultanément avec le silicate.

Pour cet auteur, la théorie de L. Cayeux, concernant les dépôts de caractère et d'âge similaires de la péninsule armoricaine, est absolument insoutenable pour le minerai de Wabana où toutes les observations confirment qu'il s'est formé exactement tel qu'on le trouve aujourd'hui. Il apparaît probable qu'une partie considérable du fer a été précipitée à l'état de chamosite et que l'hématite est en grande partie contemporaine du silicate.

Et il ajoute que des minerais comparables en caractères et en extension à ceux de Wabana se trouvent en France dans la péninsule armoricaine et ont été décrits par L. Cayeux. Beaucoup de ces descriptions et de ces microphotographies représentent des phénomènes tellement semblables à ceux du minerai de Wabana qu'elles pourraient illustrer ceux-ci. L. Cayeux a aussi étudié des échantillons de Clinton et pense qu'ils dérivent également d'un calcaire par remplacement secondaire. Cette théorie ne semble pas justifiée par les observations si clairement décrites par L. Cayeux. A. O. Hayes, après avoir étudié le texte de L. Cayeux et les figures qui l'illustrent, suggère que les dépôts de May-sur-Orne, St-Rémy, La Ferrière-aux-Étangs sont des sédiments primaires comme ceux de ceux de Wabana.

Il pense que les minerais jurassiques du Luxembourg et de Lorraine ressemblent à ceux de Wabana par leur composition et par leur structure oolithique et se sont formés dans les mêmes conditions.

Bien entendu, aucune théorie n'a jamais rencontré une adhésion unanime, cependant nous pensons que celle de la précipitation directe possède du

Source : MNHN, Paris

moins en comparaison des vues transformistes l'avantage de la simplicité. Elle ne tient compte que des observations sans faire appel à des faits hypothétiques incontrôlables.

Les travaux de synthèse réalisés aux laboratoires ont toujours confirmé la possibilité de la formation par précipitation directe de tous les constituants, mais on n'a jamais reproduit expérimentalement les transformations auxquelles font appel les théories évolutionnistes.

BIBLIOGRAPHIE

1. CAYEUX (L.). — Les minerais de fer oolithiques de France, fasc. 1, Paris, 1909, 294 pp.
2. CAILLÈRE (S.), KRAUT (F.). — *C.R. Ac. Sc.*, t. 215, 1957, p. 2049-2051.
3. BICHELONNE (J.) et ANGOT (P.). — Le bassin ferrifère de Lorraine. Paris, 1939, 484 pp.
4. BUBENICEK (L.). — Recherches sur la constitution et la répartition du minerai dans l'aalénien de Lorraine. Thèse, Nancy, 1961, 199 pp. in *Sciences de la Terre*, t. 8, 1961.
5. CAILLÈRE (S.) et KRAUT (F.). — C.R., 19e congrès Géol. International, Alger, fasc. IX, p. 101-117.
6. CAILLÈRE (S.) et KRAUT (F.). — Les gisements de fer du Bassin lorrain. *Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle*, Série C, Sciences de la Terre, t. IV, fasc. 1, 192 pp.
7. LACROIX (A.). — Minéralogie de la France et de ses anciens territoires d'outre-mer, t. III, 1909, p. 382-383.
8. SMYTH (C. H.). — *Amer. Journ. of Sc.*, t. 43, 1892, p. 487-496.
9. HALLIMOND (A. F.). — Iron bedded ores of England and Wales. Great Britain Special Repr. *Min. Resources Petrography and Chemistry*, vol. 49, 1954, p. 235-293.
10. JAMES (H. L.). — *Econ. Geol.*, vol. 49, 1954, p. 235-293.
11. GEIJER (P.). — *Stripa Odalfalts Geologie Sverige Undersokning*, vol. 28, Série C, 1938.
12. DORR (J. V. N.). — *U.S. Geol. Survey*, 1945, Bull. 946 A, 47 pp.
13. SPIROFF (K.). — *Econ. Geol.*, vol. 33, 1938, p. 818-828.
14. HAYES (A. O.). — *Canada Geol. Survey*, Mem. 78, n° 66, 1915, 163 pp.

BIBL. DU MUSÉUM D'HIST. NATUR.

Source : MNHN, Paris

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION 57

Chapitre I. — Les gisements siluriens de Normandie 60

1) SYNCLINAL DE MAY-SAINT-ANDRÉ 60
A) May-Saint-André 60
B) Maltot 63

2) SYNCLINAL D'URVILLE 64
A) Soumont-Saint-Quentin. 64
B) Gisements de Barbery. 65

3) SYNCLINAL DE JURQUES-SAINT-RÉMY. 71
A) Gîte de Saint-Rémy 71
B) Gisement de Montpinçon 73

4) SYNCLINAL BAGNOLES-DOMFRONT-MORTAIN 73
A) Gisement de la Ferrière-aux-Étangs 73
B) Gisement de Mont-en-Géraume 75
C) Mortain. 76
D) La Gérarderie. 76
E) Le Bisson. 77
F) La Patricière 77
G) Les Souchées 77
H) Hermitage 77

Chapitre II. — Le gisement dévonien de Diélette. 78

Chapitre III. — Les gisements de l'Anjou 88
A) Segré. 88
B) Chazé-Henry 96

CONCLUSIONS. 98

BIBLIOGRAPHIE. 102

Printed in France. Achevé d'imprimer le 17 Juillet 1965.

PIERRE ANDRÉ, IMP., 244 BOULEVARD RASPAIL. PARIS 14e.
Dépôt légal : 3e trimestre 1965.

Source : MNHN, Paris

PLANCHE I

FIG. 1. — *Minerai congloméré de Mortain* (*Manche*).
Lumière naturelle transmise × 40.
Oolithe complexe silicatée avec noyau de quartz.

FIG. 2. — *Minerai de Soumont* (*Calvados*) *T.B.* 76, *tranche N.*
Lumière réfléchie × 80.
Cristaux de magnétite.

FIG. 3. — *Minerai de Diélette* (*Manche*), nouvelle couche banc du mur.
Lumière réfléchie naturelle × 70.
Oolithes englobant des lamelles d'hématite et de minuscules cristaux de magnétite.

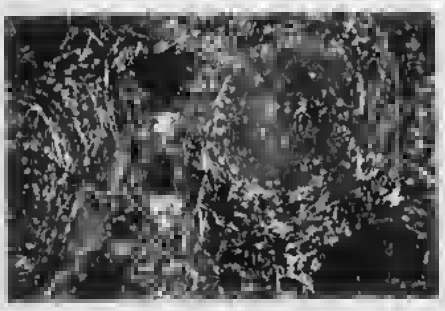
FIG. 4. — *Minerai taché de May-sur-Orne* (*Calvados*) à 1 m du mur.
Lumière naturelle réfléchie × 70.
Oolithes en hématite, cisaillées dans gangue chloritocarbonatée.

FIG. 5. — *Minerai de Soumont* (*Calvados*) *T.B.* 76, *banc III, tranche C.*
Lumière naturelle transmise × 80.
Oolithes silicatées dans gangue riche en sidérose.

Source : MNHN, Paris

1

2



3

4

5

MINERAIS DE FER DE NORMANDIE ET D'ANJOU

BIBL. DU MUSÉUM D'HIST. NAT.R.

Source : MNHN, Paris

PLANCHE II

FIG. 1. — *Minerai de Mont-en-Géraume* (*Orne*).
Lumière transmise nicols croisés × 60.
Oolithes avec zone corticale presque entièrement silicifiée ayant pour noyau un agrégat de sidérose.

FIG. 2. — *Minerai de Chazé-Henry* (*Maine-et-Loire*).
Lumière naturelle réfléchie × 220.
Oolithe avec lamelles d'hématite, en haut à gauche cristal de magnétite à cheval sur l'ovoïde et la gangue.

FIG. 3. — *Minerai de l'Hermitage* (*Manche*) *couche N°* 4.
Lumière transmise nicols croisés × 80.
Oolithes ayant pour noyau une lamelle de chlorite.

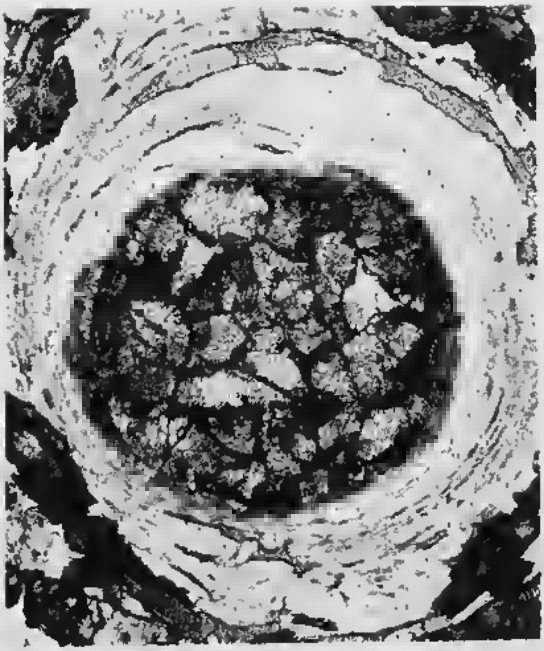
FIG. 4. — *Minerai de Mont-en-Géraume* (*Orne*).
Lumière naturelle transmise × 80.
Oolithe à zone corticale silicifiée dans laquelle on voit des anneaux incomplets de chlorite résiduelle, noyau en sidérose.

Source : MNHN, Paris

1

2

3



4

MINERAIS DE FER DE NORMANDIE ET D'ANJOU

BIBL. DU MUSÉUM D'HIST. NATUR.

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris